



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIIONAL
DAN METODE *P-Z CURVE* PADA MODIFIKASI GEDUNG
APARTEMEN PUNCAK MERR SURABAYA**

RIKY DWI PRASETYO
NRP. 3114100094

Dosen Pembimbing I :
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II :
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIONAL
DAN METODE *P-Z CURVE* PADA MODIFIKASI GEDUNG
APARTEMEN PUNCAK MERR SURABAYA**

RIKY DWI PRASETYO
NRP. 3114100094

Dosen Pembimbing I :
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II :
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – RC14-1501

**COMPARATIVE STUDY OF DRIVEN PILE DESIGN
METHODS USING CONVENTIONAL METHOD AND P-Z
CURVE METHOD ON MODIFIED BUILDING OF PUNCAK
MERR APARTMENT SURABAYA**

RIKY DWI PRASETYO
NRP. 3114100094

Academic Supervisor I :
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Academic Supervisor II :
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIIONAL DAN METODE *P-Z CURVE* PADA MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN PUNCAK MERR SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RIKY DWI PRASETYO

NRP. 03111440000094

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.



2. Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

DEPARTemen
TEKNIK SIPIL

SURABAYA, JULI 2018

PERBANDINGAN PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN METODE KONVENSIIONAL DAN METODE *P-Z CURVE* PADA MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN PUNCAK MERR SURABAYA

Nama Mahasiswa : Riky Dwi Prasetyo
NRP : 3114100094
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing: Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Abstrak

Surabaya merupakan kota dengan pertumbuhan ekonomi besar yang selalu di atas rata-rata pertumbuhan ekonomi nasional. Banyak penduduk dari luar Surabaya datang ke kota ini sebagai pendatang tiap tahunnya untuk melaksanakan kegiatan ekonomi. Keterbatasan lahan yang ada menuntut perlunya pembangunan bangunan vertikal untuk tempat tinggal, salah satunya adalah Apartemen Puncak MERR yang memiliki kedalaman tanah keras yang cukup dalam sehingga biaya yang harus dikeluarkan untuk pondasi dalam cukup besar. Pada pembangunan gedung dengan pondasi dalam, semakin dalam pondasi maka semakin mahal biaya sehingga tidak ekonomis.

Pada metode perencanaan konvensional, perletakan untuk kolom struktur atas terhadap pondasi dianggap jepit dan tidak ada penurunan (*settlement*) pada tanah. Pada tanah lempung yang bersifat *compressible*, pengaruh beban akan menyebabkan terjadinya penurunan tanah sehingga muncul konsep perhitungan tiang pancang yang memperhatikan penurunan tanah dan menganggap perletakan struktur atas berupa perletakan pegas dengan metode *P-Z curve*. Dengan memperhatikan adanya

penurunan tanah akan menyebabkan kedalaman tiang pancang berkurang.

Metode perencanaan yang digunakan yaitu konvensional (perletakan jepit) dan *P-Z curve* (perletakan pegas/ *spring*). Variasi daya dukung yang digunakan pada perencanaan ini yaitu $SF = 3$ untuk metode konvensional dan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$, $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$, $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$, dan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$ pada metode *P-Z curve*. Perencanaan pondasi tiang pancang menggunakan spun pile diameter 60 cm. Kedalaman tanah daya dukung yaitu 21 meter untuk pondasi *end bearing* dan 16 meter untuk pondasi *friction*.

Hasil dari Tugas Akhir ini adalah mendapatkan variasi alternatif hasil analisis metode perencanaan pondasi dalam dengan metode konvensional dan metode *P-Z curve*. Dari hasil perhitungan didapat jumlah kebutuhan tiang pancang pada metode *P-Z curve* lebih sedikit dibandingkan dengan metode konvensional. Untuk menghemat biaya pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR maka digunakan pondasi tiang pancang dengan metode *P-Z curve* tumpuan *end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$.

Kata kunci : pondasi tiang pancang, metode konvensional, metode *P-Z curve*, *settlement*, biaya

COMPARATIVE STUDY OF DRIVEN PILE DESIGN METHODS USING CONVENTIONAL METHOD AND P-Z CURVE METHOD ON MODIFIED BUILDING OF PUNCAK MERR APARTMENT SURABAYA

Student Name : Riky Dwi Prasetyo
Student Number : 3114100094
Departement : Civil Engineering ITS
Academic Superv. : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Abstract

Surabaya is a city with large economic growth which is always above the national economic growth average. Many residents from outside Surabaya come to this city as migrants every year to carry out economic activities. The limitation of existing land demands the need for the construction of vertical buildings for residence, one of which is Puncak MERR Apartment which has deep depth of hard soil so that the cost to be spent for the foundation is so expensive. In the construction of buildings with deep foundations, the deeper the foundation the more expensive the cost so it is not economical.

In conventional design methods, the joint of the upper structure is considered to be a fixed joint and there is no settlement on the ground. On compressible clay soil, the effect of the load will cause the soil to decrease so there established the concept of pile design that calculates the soil settlement and assumes the joint of the upper structure in the form of a spring joint with P-Z curve method. The settlement of the soil causes the depth of the pile to decrease.

The design method used is the conventional method and P-Z curve method. The variation of bearing capacity used in this design is $SF = 3$ for conventional method and $Q_{allowable} = 0,3$

Qult, Qallowable = 0,5 Qult, Qallowable = 0,7 Qult, and Qallowable = 0,9 Qult on P-Z curve method. Planning of pile foundation using spun pile diameter 60 cm. The depth of soil bearing capacity is 21 meters for end bearing foundation and 16 meters for friction foundation.

The result of this final project is to get the alternative variation of the foundation method analysis result with the conventional method and the P-Z curve method. From the calculation, the number of piles needed on the P-Z curve method is less than the conventional method. To minimize the construction cost of the modified building of Puncak MERR Apartment, there will be used pile foundation with end bearing P-Z curve method with Qallowable = 0,9 Qult.

Keywords : pile foundation, conventional method, P-Z curve method, settlement, cost

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional dan Metode *P-Z curve* pada Modifikasi Gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya”.

Tugas Akhir ini merupakan bentuk tanggung jawab penulis sebagai syarat untuk memenuhi gelar sarjana teknik pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat kepada pihak-pihak yang telah membantu, khususnya yaitu :

1. Orang tua (Bpk. Hariadi dan Ibu Sri Murtini), saudara David Anggara Putra dan Farid Fakhri Fakhruddin, serta keluarga besar yang telah mendidik dan dengan sabar mendukung penulis sehingga meraih capaian sekarang ini.
2. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D. dan Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak/ Ibu dosen bidang geoteknik yang telah memberikan ilmu mengenai bidang geoteknik serta seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Sipil ITS yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama menjalani perkuliahan di Teknik Sipil ITS.
4. Teman-teman Teknik Sipil 2014 (S57), khususnya Warkop57 dan teman seperjuangan Tugas Akhir bidang geoteknik yang telah membantu dalam pengerjaan dan diskusi mengenai Tugas Akhir.

5. Teman-teman dari kota asal ITS Ponorogo 2014 dan KMPPS yang telah berjuang bersama-sama sejak mulai menjalani awal kuliah di Surabaya.
6. Kakak maupun adik tingkat, dan seluruh Mahasiswa Teknik Sipil ITS yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Semua pihak yang selalu memberi dukungan untuk penulis selama perkuliahan ini, semoga jasa dan bantuannya dibalas pula kebaikan oleh Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya civitas akademika Teknik Sipil ITS.

Surabaya, Juli 2018

Penulis,
Riky Dwi Prasetyo

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Tugas Akhir	4
1.4.1 Umum	4
1.4.2 Khusus	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Umum	7
2.2 Pondasi.....	8
2.2.1 Pengertian Pondasi	8
2.2.2 Pondasi Tiang Pancang.....	9
2.3 Parameter Tanah	9

2.4 Permodelan Struktur Atas (<i>Preliminary Design</i>)	13
2.4.1 Perancangan Dimensi Balok Induk.....	13
2.4.2 Perancangan Dimensi Balok Anak	13
2.4.3 Perencanaan Pelat	14
2.4.4 Perencanaan Kolom	14
2.4.5 Pembebanan Struktur	15
2.4.6 Titik Jepit/ <i>Point of Fixity</i> (Z_f).....	19
2.4.7 Tumpuan Pegas (Elastis)	20
2.4.8 Modulus of Subgrade Reaction (k_s).....	21
2.5 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang	22
2.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang pada Ujung.....	22
2.5.2 Daya Dukung Tiang Pancang pada Selimut	24
2.5.3 Daya Dukung Ultimate dan Daya Dukung Izin	24
2.6 Daya Dukung Grup Tiang Pancang	24
2.7 <i>Load-Settlement Curve</i> (<i>P-Z Curve</i>)	25
2.7.1 <i>Immediate Sttelement</i> / S_i (Penurunan Seketika/ Short-term)	27
2.7.2 <i>Creep</i> (Penurunan Jangka Panjang/ <i>Long-term</i>)	29
2.7.3 Penurunan Tanah akibat Grup Tiang Pancang.....	30
2.7.4 Kontrol Differential Settlement	31
2.7.5 Kontrol Retak dan Defleksi	32
2.8 Konsep Perhitungan Pondasi di Atas Tanah Lunak dengan Memperhatikan Penurunan Merata	33
2.9 Program Bantu Khusus yang Digunakan	38
2.9.1 ETABS.....	38
2.9.2 AllPile.....	39

BAB III METODOLOGI	41
3.1 Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir	41
3.2 Penjelasan Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir	43
3.2.1 Pengumpulan Data dan Analisis Data Tanah	43
3.2.2 Studi Literatur	44
3.2.3 Menentukan Permodelan Struktur Atas	44
3.2.4 Analisis Struktur Atas	44
3.2.5 <i>Input</i> Nilai koefisien untuk perletakan ke ETABS	45
3.2.6 Menghitung Daya Dukung Satu Tiang Pancang	45
3.2.7 Perencanaan Pondasi Metode Konvensional	45
3.2.8 Perencanaan Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i>	46
3.2.9 Menentukan Jumlah Tiang Pancang dalam Satu Grup	46
3.2.10 Perhitungan <i>Settlement</i> (Penurunan Tanah), <i>Creep</i> (Penurunan Jangka Panjang), dan Koefisien Tiang Pancang untuk Metode <i>P-Z Curve</i>	46
3.2.11 Analisis Gaya yang Terjadi pada Struktur Atas	46
3.2.12 Kontrol Persyaratan Struktur sesuai SNI untuk Metode <i>P-Z Curve</i>	47
3.2.13 Menentukan Dimensi Baru dan Kontrol Hasil Desain Ulang	47
3.2.14 Analisis Perbandingan Estimasi Biaya	47
3.2.15 Kesimpulan dan Saran	47
3.2.16 Penulisan Laporan dan Penggambaran Desain	48
BAB IV ANALISIS DATA	49
4.1 Data Tanah	49
4.1.1 Pengambilan Data Tanah	49

4.1.2 Pengolahan Data Tanah	50
4.1.3 Analisis Parameter Tanah	52
4.2 Struktur Atas	56
4.2.1 Perancangan dan Permodelan Struktur Atas	56
4.2.2 Pembebanan	58
4.3 Titik Jepit dan Konstanta Pegas Awal Tanah	61
4.3.1 Titik Jepit (Z_f)	61
4.3.2 Konstanta Pegas Awal Tanah	63
4.4 Data Tiang Pancang yang Digunakan	64
4.5 Analisis Daya Dukung Tanah	65
4.5.1 <i>Input</i> AllPile	65
4.5.2 Nilai Daya Dukung Tanah	69
4.5.3 Kontrol Kekuatan Aksial Tiang Pancang	72
4.5.4 Perhitungan Konstanta Pegas Awal	72
4.6 Analisis Struktur	75
4.6.1 Koordinat Perletakan Struktur	75
4.6.2 <i>Input</i> Perletakan Struktur	77
4.6.3 Analisis dan Kontrol Struktur Atas	80
BAB V PERENCANAAN PONDASI METODE	
KONVENSIIONAL	81
5.1 Reaksi Perletakan	81
5.2 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang	87
5.3 Perhitungan Grup Tiang Pancang	89
5.3.1 Perhitungan Efisiensi Grup Tiang Pancang	89
5.3.2 Daya Dukung Grup Tiang Pancang	91
5.3.3 Kontrol Beban Maksimum Satu Tiang Pancang	92

5.3.4 Kontrol Daya Dukung Grup Tiang Pancang.....	95
5.3.5 Revisi Jumlah Tiang Pancang.....	95
5.3.6 Kontrol Momen dan Defleksi Tiang Pancang	99
BAB VI PERENCANAAN PONDASI METODE P-Z CURVE	105
6.1 Reaksi Perletakan.....	105
6.2 Perencanaan Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i>	113
6.2.1 Perhitungan Pondasi Metode <i>P-Z Curve End Bearing</i>	113
6.2.2 Perhitungan Pondasi Metode <i>P-Z Curve Friction</i> ...	116
6.3 Perhitungan Grup Tiang Pancang	118
6.4 Perbandingan Perilaku Struktur Atas Metode Konvensional dan Metode <i>P-Z Curve</i>	123
6.4.1 Momen Balok yang Terjadi	123
6.4.2 Kontrol Defleksi Balok.....	124
6.4.3 Kontrol Retak Balok	128
6.4.4 Perilaku Struktur Atas.....	135
BAB VII ANALISIS BIAYA	137
7.1 Rancangan Anggaran Biaya.....	137
7.1.1 Perhitungan Biaya Struktur Atas	137
7.1.2 Perhitungan Biaya Pondasi	140
7.1.3 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pondasi	144
7.2 Rekapitulasi Biaya Total	149
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	151
8.1 Kesimpulan	151
8.2 Saran	153

DAFTAR PUSTAKA.....	155
LAMPIRAN A DATA DAN PARAMETER TANAH.....	- 1 -
LAMPIRAN B STRUKTUR ATAS	- 9 -
LAMPIRAN C TIANG PANCANG	- 35 -
LAMPIRAN D PERHITUNGAN TIANG PANCANG METODE KONVENSIIONAL	- 47 -
LAMPIRAN E PERHITUNGAN TIANG PANCANG METODE P-Z CURVE.....	- 65 -

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Apartemen Puncak MERR Surabaya.....	1
Gambar 1.2 Pondasi Dalam Tipe <i>End Bearing Pile</i> dan <i>Friction Pile</i>	2
Gambar 2.1 Peta Karakteristik Tanah Surabaya.....	7
Gambar 2.2 Korelasi nilai C_v dan LL	12
Gambar 2.3 Korelasi nilai LL dan IP	12
Gambar 2.4 Sketsa Tiang Pancang Grup.....	24
Gambar 2.5 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Ujung Tiang Pancang pada Tanah Kohesif	26
Gambar 2.6 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Selimut Tiang Pancang pada Tanah Kohesif.....	27
Gambar 2.7 Penurunan Tiang Pancang Grup pada Tanah Lempung	30
Gambar 2. 8 Bentuk Penurunan δ Diatas Media Elastis.....	34
Gambar 2.9 Kondisi Gedung yang Kaku dan Tahan <i>Differential Settlement</i>	36
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Pelaksanaan Tugas Akhir (bagian 1 dari 2).....	41
Gambar 3.2 Bagan Alir Metodologi Pelaksanaan Tugas Akhir (bagian 2 dari 2).....	42
Gambar 4.1 Denah Titik Penyelidikan Tanah	49
Gambar 4.2 Grafik hubungan N_{spt} dan kedalaman tanah DB-1 s/d DB-8	50
Gambar 4.3 Langkah Korelasi Nilai LL dari nilai C_v	55
Gambar 4.4 Tampak Potongan Gedung Modifikasi.....	56
Gambar 4.5 Respon Spektrum Tanah Lunak Kota Surabaya.....	59
Gambar 4.6 Dimensi Penampang Tiang Pancang	62
Gambar 4.7 Input AllPile : Pemilihan Satuan dan Jenis Pondasi	65
Gambar 4.8 Input AllPile : Kedalaman Tiang Pancang untuk <i>End Bearing</i> dan <i>Friction</i>	66
Gambar 4.9 Input AllPile : Parameter Tiang Pancang untuk <i>End Bearing</i> dan <i>Friction</i>	66
Gambar 4.10 Input AllPile : Tipe Kepala Tiang	66

Gambar 4.11 Input AllPile : Parameter Tanah	67
Gambar 4.12 Input AllPile : Angka Keamanan SF dan Metode Settlement <i>Vesic</i>	67
Gambar 4.13 Input AllPile : Parameter Bahan Tiang Pancang ...	68
Gambar 4.14 Input AllPile : Analisis	68
Gambar 4.15 Grafik <i>Load-Settlement Curve</i> untuk Pondasi <i>End Bearing</i>	73
Gambar 4.16 Grafik <i>Load-Settlement Curve</i> untuk Pondasi <i>Friction</i>	73
Gambar 4.17 Tampak 3 Dimensi Model Struktur Gedung.....	75
Gambar 4.18 Denah dan Label Titik Perletakan Struktur Gedung	76
Gambar 4.19 Model Struktur dengan Perletakan Jepit (<i>Fixed</i>) ...	78
Gambar 4.20 Model Struktur dengan Perletakan Pegas (<i>Spring</i>)	79
Gambar 4.21 <i>Input</i> Nilai Konstanta Pegas ke ETABS	80
Gambar 5.1 Contoh Konfigurasi Grup Tiang Pancang dengan Jumlah Tiang 4 Buah	90
Gambar 5.2 Contoh Jarak Maksimum terhadap Sumbu pada Tiang Pancang 4 Buah	94
Gambar 5.3 Grafik untuk Mencari Nilai f	100
Gambar 5.4 Grafik untuk Mencari nilai F_m dan F_8	101
Gambar 6.1 Portal yang Memiliki Defleksi Terbesar.....	124
Gambar 6.2 Diagram Penulangan Lentur Balok.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi Parameter dengan N_{SPT}	10
Tabel 2.2 Nilai Konsistensi Tanah	11
Tabel 2.3 Korelasi Parameter Tanah	11
Tabel 2.4 Besar Beban Mati untuk Proyek Puncak MERR.....	16
Tabel 2.5 Besar Beban Hidup untuk Proyek Puncak MERR	16
Tabel 2.6 Nilai n_h untuk Tanah Kohesif	19
Tabel 2.7 Nilai <i>modulus of subgrade reaction</i> (k_s) untuk berbagai Jenis Tanah	21
Tabel 2.8 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Pasir	23
Tabel 2.9 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Kohesif	23
Tabel 2.10 Nilai C_p untuk Analisa Penurunan	28
Tabel 2.11 Persyaratan <i>Differential Settlements</i>	31
Tabel 2.12 Lendutan Ijin Maksimum yang Dihitung	33
Tabel 4.1 Perbandingan Jenis Dan Konsistensi Tanah Antar Titik Penyelidikan Tanah.....	51
Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Kolom yang Digunakan untuk Struktur Atas	57
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok yang Digunakan untuk Struktur Atas	57
Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi Pelat yang Digunakan untuk Struktur Atas	57
Tabel 4.5 Variabel Respon Spektrum Tanah Lunak Kota Surabaya.....	59
Tabel 4.6 Waktu Respon Spektrum Tanah Lunak Kota Surabaya	60
Tabel 4.7 Data Teknis WIKA <i>Spun Pile</i> Diameter 60 cm.....	64
Tabel 4.8 Nilai Daya Dukung Ultimate Tanah (Q_{ult}) dan Daya Dukung Izin Tanah (Q_{izin}).....	69
Tabel 4.9 Kontrol Kekuatan Aksial Tiang Pancang terhadap Q_{izin} Masing-masing Metode Perencanaan	72
Tabel 4.10 Label Perletakan sesuai Sumbu Koordinat pada ETABS.....	77

Tabel 5.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Jepit.....	81
Tabel 5. 2 Distribusi Reaksi Perletakan terhadap Beban Aksial (P) untuk Tumpuan Jepit (dalam satuan kN)	86
Tabel 5.3 Jumlah Perkiraan Tiang Pancang Metode Konvensional <i>End Bearing</i>	88
Tabel 5.4 Jumlah Perkiraan Tiang Pancang Metode Konvensional <i>Friction</i>	88
Tabel 5.5 Nilai Variabel Konfigurasi Tiang Pancang Grup	91
Tabel 5.6 Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional <i>End Bearing</i>	96
Tabel 5.7 Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional <i>Friction</i>	96
Tabel 5.8 Daya Dukung Grup Tiang Pancang dari Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional <i>End Bearing</i>	97
Tabel 5.9 Beban Maksimum yang Terjadi dari Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional <i>End Bearing</i>	97
Tabel 5.10 Daya Dukung Grup Tiang Pancang dari Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional <i>Friction</i>	98
Tabel 5.11 Beban Maksimum yang Terjadi dari Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional <i>Friction</i>	98
Tabel 6.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Pegas untuk Pondasi <i>End Bearing</i>	105
Tabel 6.2 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Pegas untuk Pondasi <i>Friction</i>	108
Tabel 6.3 Besar Reaksi Perletakan Pegas sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi <i>End Bearing</i> (dalam satuan kN)	111
Tabel 6.4 Nilai Penurunan Vertikal sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi <i>End Bearing</i> (dalam satuan cm)	111
Tabel 6.5 Besar Reaksi Perletakan Pegas sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi <i>Friction</i> (dalam satuan kN)	112

Tabel 6.6 Nilai Penurunan Vertikal sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi <i>Friction</i> (dalam satuan cm)	112
Tabel 6.7 Perhitungan Penurunan <i>Creep</i>	118
Tabel 6.8 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$	119
Tabel 6.9 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$	119
Tabel 6.10 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$	120
Tabel 6.11 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$	120
Tabel 6.12 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$	121
Tabel 6.13 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$	121
Tabel 6.14 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$	122
Tabel 6.15 Jumlah Tiang Pancang Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$	122
Tabel 6.16 Momen maksimum yang Terjadi pada Balok untuk Masing-masing Metode Perencanaan	123
Tabel 6.17 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode Konvensional	125
Tabel 6.18 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$	125
Tabel 6.19 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$	126
Tabel 6.20 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$	126
Tabel 6.21 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve End bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$	126
Tabel 6.22 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$	127

Tabel 6.23 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$	127
Tabel 6.24 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$	127
Tabel 6.25 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode <i>P-Z Curve Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$	128
Tabel 6.26 Perhitungan Kebutuhan Tulangan	134
Tabel 6.27 Perhitungan untuk Kontrol Retak	134
Tabel 7.1 HSPK 2018 untuk Pekerjaan Beton K-300	137
Tabel 7.2 Perhitungan Biaya untuk Semua Elemen Struktur Atas	139
Tabel 7.3 Acuan Biaya untuk Pekerjaan Pemancangan	140
Tabel 7.4 Acuan Biaya untuk Pekerjaan Pengelasan.....	140
Tabel 7.5 Perhitungan Biaya Pondasi Metode Konvensional Tipe <i>End Bearing</i>	144
Tabel 7.6 Perhitungan Biaya Pondasi Metode Konvensional Tipe <i>Friction</i>	144
Tabel 7.7 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>End Bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$	145
Tabel 7. 8 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>End Bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$	145
Tabel 7.9 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>End Bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$	146
Tabel 7.10 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>End Bearing</i> dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$	146
Tabel 7.11 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$	147
Tabel 7.12 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$	147
Tabel 7.13 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$	148
Tabel 7.14 Perhitungan Biaya Pondasi Metode <i>P-Z Curve</i> Tipe <i>Friction</i> dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$	148
Tabel 7.15 Rekapitulasi Biaya untuk Masing-masing Metode Perencanaan	149

Tabel 8.1 Jumlah Tiang Pancang untuk Masing-masing Metode
Perencanaan 152

Tabel 8.2 Biaya Total untuk Masing-masing Metode Perencanaan
..... 152

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

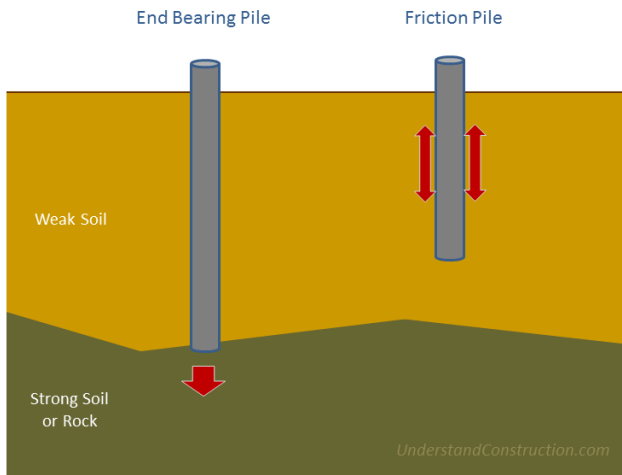
Surabaya adalah ibukota Provinsi Jawa Timur dan merupakan kota dengan pertumbuhan ekonomi besar yang selalu di atas rata-rata pertumbuhan ekonomi nasional. Berdasarkan data jumlah penduduk pada tahun 2016, kepadatan penduduk kota Surabaya cukup tinggi, mencapai 8,12 jiwa/km² (BPS Surabaya). Selain itu, banyak penduduk dari luar Surabaya datang ke kota ini sebagai pendatang tiap tahunnya untuk melaksanakan kegiatan ekonomi. Menurut data BPS Surabaya, jumlah pendatang di Kota Surabaya pada rentang tahun 2009 - 2014 mencapai 398.143 orang. Di sisi lain, dikutip dari Bappeda Jatim, lahan pertanian di Surabaya menyusut rata-rata 66 hektar per tahun pada tahun 2012 dan diperkirakan akan habis pada tahun 2030. Keterbatasan lahan tersebut menyebabkan semakin banyak pembangunan gedung hunian vertikal/ apartemen karena dirasa lebih efisien dalam memenuhi kebutuhan tempat tinggal. Salah satu gedung apartemen yang dibangun di Surabaya adalah Apartemen Puncak MERR, perpaduan antara pertokoan, perkantoran, apartemen, dan hotel yang dibangun di daerah MERR (*Middle East Ring Road*), Surabaya (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Lokasi Apartemen Puncak MERR Surabaya
(sumber : *maps.google.com*)

Tanah yang sering dijumpai di Surabaya adalah tanah lempung lunak jenis aluvial (Bappeko Surabaya) yang memiliki sifat mudah mengalami konsolidasi, sudut geser rendah, permeabilitas rendah, dan daya dukung yang rendah. Jika tanah dasar tidak mampu memikul beban bangunan di atasnya, dapat terjadi kegagalan bangunan. Oleh karena itu pada pembangunan gedung tingkat tinggi di Surabaya banyak yang menggunakan pondasi dalam untuk menyalurkan beban sampai kedalaman tanah keras dan mengurangi pemampatan tanah.

Pada pembangunan gedung dengan pondasi dalam, semakin dalam pondasi maka semakin mahal biaya sehingga tidak ekonomis. Saat ini metode perencanaan pondasi dalam yang sering digunakan adalah dengan menggunakan metode *end bearing pile* dimana tiang pancang dianggap menyalurkan beban sampai pada tanah keras (tumpuan ujung) dan metode *friction pile* dimana daya dukung terjadi akibat interaksi pondasi-tanah pada sisi tiang pancang sebagai gaya gesek (tumpuan gesek) (Gambar 1.2).



Gambar 1.2 Pondasi Dalam Tipe *End Bearing Pile* dan *Friction Pile*

(sumber : *understandconstruction.com*)

Apartemen Puncak MERR memiliki kedalaman tanah yang cukup dalam sehingga biaya yang harus dikeluarkan untuk pondasi dalam cukup besar. Pada metode perencanaan konvensional, perletakan untuk kolom struktur atas terhadap pondasi dianggap jepit dan tidak ada penurunan (*settlement*) pada tanah. Pada tanah lempung yang bersifat *compressible*, pengaruh beban akan menyebabkan terjadinya penurunan tanah sehingga muncul konsep perhitungan tiang pancang yang memperhatikan penurunan tanah dan menganggap perletakan struktur atas berupa perletakan pegas dengan metode *P-Z curve*. Dengan memperhatikan adanya penurunan tanah akan menyebabkan kedalaman tiang pancang berkurang.

Dari kasus di atas, maka dilakukan perencanaan pondasi pada Apartemen Puncak MERR dengan membandingkan metode konvensional dengan metode *P-Z curve* serta dampaknya terhadap penurunan tanah yang terjadi dan pengaruh terhadap momen/ defleksi struktur atas. Dengan demikian dapat diperoleh alternatif perencanaan untuk analisis perbandingan harga sehingga didapatkan metode perencanaan yang paling ekonomis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana permodelan dan analisis struktur pada pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR ?
2. Bagaimana perencanaan pondasi dalam jenis *end bearing pile* dan *friction pile* dengan metode konvensional dan metode *P-Z curve* pada pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR ?
3. Berapa jumlah dan kedalaman tiang pancang yang dibutuhkan pada pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR dari perhitungan *end bearing pile* dan *friction pile* dengan metode konvensional dan metode *P-Z curve* ?

4. Bagaimana perilaku dan kondisi struktur atas gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR sesuai dengan metode perencanaan pondasi ?
5. Bagaimana perbandingan biaya pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR dari variasi alternatif metode perencanaan pondasi ?

1.3 Batasan Masalah

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini, terdapat beberapa batasan masalah yaitu :

1. Data tanah merupakan data sekunder.
2. Gedung Apartemen Puncak MERR berupa modifikasi dari kondisi sebenarnya.
3. Elemen struktur atas yang dianalisis adalah pelat, balok, dan kolom.
4. *Settlement* yang terjadi hanya pada arah vertikal.
5. Tidak memasukkan perencanaan struktur *pilecap*.
6. Pada perencanaan pondasi tidak meninjau beban gempa, hanya beban mati dan beban hidup.
7. Biaya yang dihitung adalah biaya material beton struktur atas (pelat, balok, dan kolom) dan biaya pondasi tiang pancang + pemancangan (biaya metode pelaksanaan struktur atas tidak dihitung).

1.4 Tujuan Tugas Akhir

1.4.1 Umum

Mendapatkan variasi alternatif hasil analisis metode perencanaan pondasi dalam (metode konvensional dan metode *P-Z curve*) yang mana hasil perhitungan dijadikan perbandingan untuk mendapatkan efisiensi biaya dalam pembangunan modifikasi gedung Apartemen Puncak MERR.

1.4.2 Khusus

1. Mendapatkan permodelan dan analisis struktur pada pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR

2. Memperoleh hasil perencanaan pondasi dalam jenis *end bearing pile* dan *friction pile* dengan metode konvensional dan metode *P-Z curve* pada pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR.
3. Mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan pada pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR dari perhitungan *end bearing pile* dan *friction pile* dengan metode konvensional dan metode *P-Z curve*.
4. Mengetahui perilaku kondisi struktur atas gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR sesuai dengan variasi alternatif metode perencanaan pondasi.
5. Memperoleh perbandingan biaya pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR dari variasi alternatif metode perencanaan pondasi.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan alternatif hasil analisis metode perencanaan pondasi dalam menggunakan metode konvensional dan metode *P-Z curve* sehingga dapat dijadikan perbandingan untuk mendapatkan biaya pembangunan modifikasi gedung Apartemen Puncak MERR yang lebih murah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

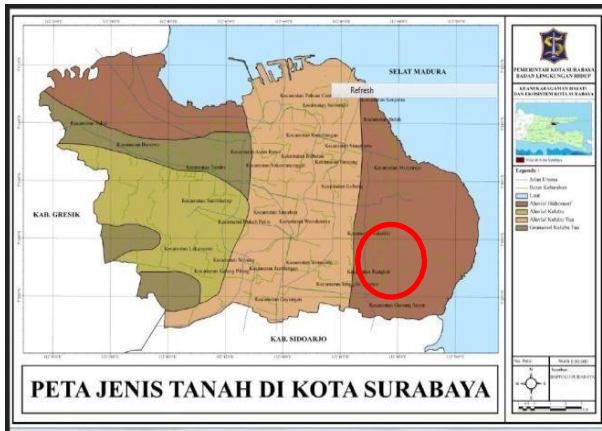
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Permasalahan yang sering dihadapi pada konstruksi yang didirikan pada tanah lunak adalah rendahnya daya dukung tanah pada saat pembebanan pada konstruksi tersebut. Kandungan air yang tinggi pada tanah lunak dapat merenggangkan ikatan antar butir tanah sehingga daya dukung terhadap konstruksi yang didirikan di atasnya menjadi rendah. Selain itu, penurunan yang berlebihan dapat terjadi pada saat struktur dibebani. Salah satu solusi untuk permasalahan tersebut adalah dengan merencanakan alternatif pondasdi atau memperbaiki kondisi tanah lunak.

Tanah di kota Surabaya memiliki 4 macam jenis tanah antara lain alluvial hidromorf, alluvial kelabu, alluvial kelabu tua, dan grumosol kelabu tua (Bappeko Surabaya). Pemetaan tanah di kota Surabaya dapat dilihat pada Gambar 2.1. Lokasi pembangunan proyek Apartemen Puncak MERR ditunjukkan oleh lingkaran merah.



Gambar 2.1 Peta Karakteristik Tanah Surabaya
(Sumber: Bappeko Surabaya)

Dari peta pada Gambar 2.1, kawasan lokasi pembangunan proyek Gedung Apartemen Puncak MERR ini merupakan salah satu daerah di Surabaya yang memiliki kondisi tanah alluvial hidromorf, dimana kondisi jenis tanah ini memiliki tekstur kondisi tanah yang sangat lunak. Dengan kondisi tanah yang sangat lunak tersebut untuk melakukan pembangunan apartemen tersebut perlu adanya perencanaan pondasi yang mampu menopang beban struktur yang diterima tanah.

Tanah yang terdapat pada proyek ini merupakan tanah aluvial berupa lempung. Tanah lempung memiliki parameter gaya geser yang kecil, kemampatan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Nilai kekuatan geser tanah lempung lunak ditentukan dari ikatan butiran antar partikel tanah.

2.2 Pondasi

2.2.1 Pengertian Pondasi

Pondasi adalah suatu struktur yang terletak dipermukaan atau didalam lapisan tanah, yang berfungsi sebagai landasan dan juga untuk menyalurkan beban-beban yang berasal dari *upper (super) structure* kedalam tanah (Herman Wahyudi, 2012), sehingga pondasi bangunan harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain. Di samping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diizinkan. Pondasi bangunan dapat dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi.

Menurut Olivari (1986), pondasi dangkal dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Suatu pondasi termasuk kategori pondasi dangkal apabila $D/B < 4$ atau 5. Sedangkan untuk pondasi dalam dapat digunakan jika lapisan tanah keras jauh dari permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikatakan pondasi dalam apabila $D/B \geq 4$ atau 10 (dalam Herman

Wahyudi, 2012). Pondasi dangkal (*shallow foundation*) yang sering dipakai yaitu pondasi telapak/ setempat, pondasi rakit, dan pondasi sarang laba-laba. Sedangkan pondasi dalam yang sering digunakan adalah pondasi tiang dan pondasi sumuran/ caisson. Pondasi tiang bisa terbuat dari kayu, beton dan baja. Pada Tugas Akhir ini, perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang beton.

2.2.2 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah suatu bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah yang memiliki daya dukung pada kedalaman tertentu. Pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya terletak sangat dalam (Sardjono HS, 1984).

Menurut bahan yang digunakan, pondasi tiang pancang dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja, dan tiang pancang komposit (Sardjono HS, 1984). Jenis yang paling sering digunakan sebagai pondasi permanen adalah pondasi tiang pancang baja dan pondasi tiang pancang beton. Pemakaian jenis tiang pancang bergantung pada beberapa aspek di lapangan, seperti jenis tanahnya atau kebutuhan daya dukung pondasi itu sendiri. Bila pemakaian pondasi tiang pancang telah ditetapkan, maka dimensi dan panjang tiang pancang perlu dihitung berdasarkan beban yang berasal konstruksi atas dengan mempertimbangan kapasitas gaya aksial dan momen pada tiang yang diizinkan.

2.3 Parameter Tanah

Analisa parameter tanah yang dilakukan adalah dengan mengelompokkan tanah sesuai karakteristik tanah, penentuan parameter tanah dari beberapa data tanah dengan korelasi parameter tanah yang tidak diketahui. Untuk data tanah akan

dilakukan analisis untuk mencari parameter tanah yang tidak ada dari data sekunder. Analisis dilakukan dengan menggunakan korelasi statistik dari data tanah di sekitar lokasi proyek atau dengan perumusan. Berikut akan disajikan korelasi dengan menggunakan perumusan.

Parameter γ (berat volume) dan ϕ (sudut geser) dari data N-SPT didapat dari korelasi J.E. Bowles, 1984.

Tabel 2.1 Korelasi Parameter dengan N_{SPT}

<i>Cohesionless Soil</i>					
<i>N (blows)</i>	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ (kN/m ³)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
ϕ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
<i>State</i>	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
<i>Dr (%)</i>	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<i>Cohesive Soil</i>					
<i>N (blows)</i>	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
q_u (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
<i>Consistency</i>	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

(Sumber: J. E. Bowles, 1984)

Wahyudi & Lastiasih (2007) menyajikan korelasi antara nilai N-SPT dengan berat volume tanah, yang berlaku untuk very soft clay dengan nilai NSPT < 4 menggunakan persamaan :

$$\gamma_{\text{sat}} = 0.08 N_{\text{SPT}} + 1.47 \quad [2.1]$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 0.09 N_{\text{SPT}} + 0.78 \quad [2.2]$$

Nilai konsistensi tanah menurut Mochtar (2006) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari Sondir)	
	kPa	ton/m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.0	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	>200	>20	>40	>150	>15000

(Sumber: Mochtar, 2006)

Nilai angka pori (e) dan koefisien konsolidasi vertikal (C_v) didapat dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah γ_{sat} yang bersumber dari Biarez & Favre (Tabel 2.3).

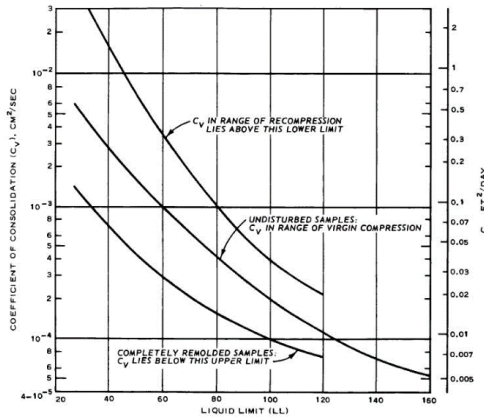
Tabel 2.3 Korelasi Parameter Tanah

Sifat tanah		Soil Properties						Permeability			Compressibility		Stress		Void Ratio	
		γ_d g/cm ³	γ_{cb} lb/cb ft	e	n	W_{at} %	γ_{sat} g/cm ³	cm/s	ft/year	lagoon	cm ² /s	ft ² /year	bars	psi	cm ² /kg	ft ² /ton
Silt, Clay	lunak	0.5	31.25	4.40	0.80	163.0	1.31	10 ⁻⁹	1.03 x 10 ³	10 ⁴	10 ⁻⁵		0.01	0.142	100	97.6
		0.6	37.50	3.50	0.78	129.60	1.38					0.05	0.71	20	19.5	
		0.7	43.75	2.86	0.74	105.8	1.44	10 ⁻⁸	1.03 x 10 ²	10 ³	1 x 10 ⁻⁴	3.4				
		0.8	50.00	2.38	0.70	88.0	1.50				2 x 10 ⁻⁴	6.8	0.1	14.2	10	9.76
		0.9	56.25	2.00	0.67	74.1	1.57	10 ⁻⁷	1.03 x 10 ¹	10 ²	3 x 10 ⁻⁴	10.1	0.5	7.05	2	1.95
	rata-rata	1.0	62.50	1.70	0.63	63.0	1.63	1 x 10 ⁻⁶	1.03	10 ¹	4 x 10 ⁻⁴	11.1	1	14.2	1	0.976
		1.1	68.75	1.45	0.59	53.9	1.69	2 x 10 ⁻⁶	2.06		5 x 10 ⁻⁴	16.9	2	28.4	0.5	0.488
		1.2	75.00	1.25	0.56	46.3	1.76	3 x 10 ⁻⁶	3.10		6 x 10 ⁻⁴	20.3	3	42.6	0.33	0.325
		1.3	81.25	1.08	0.52	39.9	1.82	4 x 10 ⁻⁶	4.13		7 x 10 ⁻⁴	23.6	4	56.9	0.25	0.244
		1.4	87.50	0.93	0.48	34.4	1.88	5 x 10 ⁻⁶	5.17		8 x 10 ⁻⁴	27.0	5	71.0	0.20	0.195
Gravel, Sand	sangat	1.5	93.75	0.80	0.44	29.6	1.94	6 x 10 ⁻⁶	6.20		9 x 10 ⁻⁴	30.4	6	85.3	0.17	0.163
		1.6	100.00	0.69	0.41	25.5	2.04	7 x 10 ⁻⁶	7.24		10 ⁻³	33.8 x 10 ¹	7	99.5	0.14	0.144
		1.7	106.25	0.59	0.37	21.8	2.07	8 x 10 ⁻⁶	8.26				8	113	0.12	0.122
		1.8	112.50	0.50	0.33	18.5	2.13	9 x 10 ⁻⁶	9.30		10 ⁻²	33.8 x 10 ²	10	142	0.10	0.0976
		1.9	118.75	0.42	0.30	15.6	2.20	10 ⁻⁵	10.33	1			11	156	0.091	0.0887
	rata-rata	2.0	125.00	0.35	0.26	13.0	2.26	10 ⁻⁴	1.03 x 10 ²	100	10 ⁻¹	33.8 x 10 ³	12	170	0.083	0.0815
		2.1	131.25	0.29	0.22	10.6	2.32	10 ⁻³	1.03 x 10 ³	1000			13	185	0.077	0.075
		2.2	137.50	0.23	0.19	8.4	2.39	10 ⁻²	1.03 x 10 ⁴	10000			14	199	0.073	0.07
		2.3	143.75	0.17	0.15	6.4	2.45	10 ⁻¹	1.03 x 10 ⁵				15	213	0.064	0.065
		2.4	150.00	0.13	0.11	4.63	2.51						20	284	0.050	0.0488
rata-rata	2.5	156.25	0.080	0.074	2.96	2.57						50	710	0.020	0.0195	
	2.6	162.50	0.038	0.037	1.42	2.64						100	1420	0.010	9.76 x 10 ⁻³	
	2.7	168.75	0.000	0.000	0.00	2.70						500	7100	0.002	1.95 x 10 ⁻³	
rata-rata													9.76 x 10 ⁻⁴			

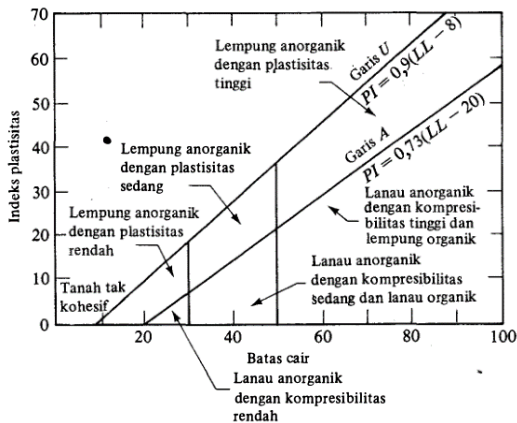
Catatan : 100 kPa = 100 kN/m² = 1 bar = 1.02 kg/cm²

(Sumber: Biarez & Favre, 1975)

Dari nilai C_v , nilai liquid limit (LL) dan indeks plastisitas (IP) dicari menggunakan grafik pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Korelasi nilai C_v dan LL
(Sumber: NAFVAC DM-7)



Gambar 2.3 Korelasi nilai LL dan PI
(Sumber: Braja M. Das)

Perhitungan indeks kompresi (C_c) untuk perhitungan pemampatan konsolidasi dapat dicari menggunakan rumus dari Kosasih dan Mochtar (1997), yaitu :

$$C_c = 0,006 LL + 0,13 e_o^2 - 0,13 \quad [2.3]$$

Untuk perhitungan indeks pemuaian (C_s), dalam Kosasih dan Mochtar (1997), digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$C_s = 0,002 LL + 0,02 e_o^2 - 0,05 \quad [2.4]$$

2.4 Permodelan Struktur Atas (*Preliminary Design*)

Dalam Tugas Akhir ini perlu dilakukan permodelan struktur gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR menggunakan program bantu ETABS untuk mendapatkan besarnya reaksi perletakan. Permodelan struktur yang dilakukan sesuai dengan keadaan di lapangan dengan modifikasi material berupa beton bertulang sesuai SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Sedangkan untuk pembebanan mengikuti Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung tahun 1983 (PPIUG 1983) dan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

2.4.1 Perancangan Dimensi Balok Induk

Menurut SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2 pada tabel 9.5 a, balok pada dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum (bila lendutan tidak dihitung) :

$$h_{min} = \frac{L}{16} \quad [2.5]$$

Dimana :

h_{min} = tinggi minimum balok (m)

L = Panjang bentang balok (m)

Nilai tersebut digunakan untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40.

2.4.2 Perancangan Dimensi Balok Anak

Untuk dimensi balok anak, menggunakan rumus yang berlaku pada perencanaan balok induk atau diambil dari 2/3 dari dimensi balok induk.

2.4.3 Perencanaan Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (one-way slab) atau pelat dua arah (two-way slab).
2. Tebal minimum pelat satu arah (one-way slab) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)), sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi:
 - a. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847- 2013 pasal 9.5.3.2:
 - 1.) Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm;
 - 2.) Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
 - b. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad [2.6]$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm. (SNI 2847-2013, persamaan 9-12)

- c. Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad [2.7]$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm. (SNI 2847-2013, persamaan 9-13)

Dimana :

β = rasio dimensi panjang terhadap pendek

α_m = nilai rata - rata dari α_f untuk semua balok pada tepi dari suatu panel

2.4.4 Perencanaan Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan

tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi (ϕ) dapat ditentukan.

$$A = \frac{W}{\phi \times f'c'} \quad [2.8]$$

Dimana :

W = Beban aksial yang diterima kolom (N)

$f'c$ = Kuat tekan beton karakteristik (MPa)

A = Luas penampang kolom (m^2)

2.4.5 Pembebanan Struktur

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis.

a. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter *steady-state* (bersifat tetap). Jenis-jenis beban statis menurut data dari proyek dan Peraturan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1983 adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi yang dapat dipindahkan. Beban mati yang digunakan pada perancangan berdasarkan data dari proyek yang tertera pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Besar Beban Mati untuk Proyek Puncak MERR

Beban Mati	Besar Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m ²
Dinding pasangan batu bata ringan	108 kg/m ²
Fimishing lantai	kg/m ²
Plafond	11 kg/m ²
<i>Plumbing + ducting</i>	25 kg/m ²

(Sumber: PPIUG 1983 dan Data Proyek Puncak MERR)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi kadang-kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban – beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup berdasarkan berdasarkan data dari proyek yang tertera pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Besar Beban Hidup untuk Proyek Puncak MERR

Beban hidup pada lantai gedung	Besar Beban
Lantai apartmen, hotel	250 kg/m ²
Lantai parkir	400 kg/m ²
Lantai taman	480 kg/m ²
Lantai atap	100 kg/m ²

(Sumber: PPIUG 1983 dan Data Proyek Puncak MERR)

b. Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726-2012) di daerah Balikpapan. Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh *frame*. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan beban gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, di mana pengaruh pada struktur dibebankan langsung ke pusat massa bangunan (*center of mass*). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada.

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 meliputi:

a. Penentuan respon spektrum

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10 di SNI 1726-2012.

b. Respon seismik (C_s)

(Pasal 7.8.1.1 SNI 1726-2012)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad [2.9]$$

Dimana :

S_{DS} = percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan hunian

nilai C_s max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad [2.10]$$

c. Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral (V)

$$V = C_s \times W \quad [2.11]$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad [2.12]$$

Dimana :

CS = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut SNI 1726-2012 Pasal 7.7.2

c. Beban Angin

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 yaitu tekanan tiup (beban angin) daerah jauh dari tepi laut, diambil minimum 25 kg/m^2 , sedangkan di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 .

d. Kombinasi Pembebanan

Adapun kombinasi pembebanan struktur atas sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 yang digunakan untuk perencanaan Tugas Akhir ini berupa pembebanan aksial, sehingga yang dipakai adalah :

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0L \pm 1,0E$
- $U = 0,9D \pm 1,0E$

Dimana :

U = beban ultimate

R = beban hujan

D = beban mati

W = beban angin

L = beban hidup

E = beban gempa

Lr = beban hidup atap

Selain itu ada kombinasi pembebanan $1D + 1L$ untuk perencanaan pondasi. Pada perencanaan pondasi tidak memperhatikan beban gempa sehingga tidak perlu memasukkan kombinasi beban gempa (E).

2.4.6 Titik Jepit/ *Point of Fixity (Zf)*

Pada tumpuan struktur dengan perletakan jepit, maka posisi tumpuan ditentukan oleh letak titik jepit tiang pancang. Titik jepit adalah titik dimana tiang pancang terjepit oleh tanah. Metode perhitungan letak titik jepit dari permukaan tanah (Z_f) yang digunakan adalah :

$$Z_f = 1,8T \quad [2.13]$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{E \cdot I}{nh}} \quad [2.14]$$

Dimana :

Z_f = letak titik jepit (m)

T = *stiffness factor* (m)

E = modulus elastisitas tiang pancang (Mpa)

$$= 4700 \sqrt{f'c}$$

I = momen inersia tiang pancang (m⁴)

nh = koefisien modulus variation (Terzaghi)

Nilai nh disajikan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai nh untuk Tanah Kohesif

Jenis Tanah	nh (kN/m ²)	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166 - 3518	Reese - Matlock (1956)
	277 - 554	Davidsson - Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi normal organik	111 - 277	Peck – Davidsson (1962)
	111 - 831	Davidsson (1970)
Gambut	55	Davidsson (1970)
	27,7 – 11	Wilson – Hiltz (1967)
Lanau	8033 - 11080	Bowles (1968)

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

2.4.7 Tumpuan Pegas (Elastis)

Tavio (1996) juga telah melakukan penelitian yang membandingkan suatu struktur 2 dimensi yang diletakkan diatas tanah lunak dengan tumpuan pegas dan tumpuan konvensional. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh suatu kesimpulan bahwa:

1. Penurunan suatu gedung tidak tergantung pada kekakuan gedungnya saja, tetapi kekakuan gedung dan pondasi sebagai suatu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.
2. Makin besar *differential settlement* yang terjadi, makin besar pula perbedaan gaya-gaya dalamnya yang dihitung berdasarkan asumsi konvensional. Jika menggunakan teori *winkler foundation* akan mendapatkan nilai gaya-gaya dalam yang jauh berbeda dibandingkan dengan cara konvensional.
3. Besarnya *differential settlement* tersebut juga sangat tergantung dari kondisi tanahnya. Makin lunak dan makin kompresible tanahnya makin besar *differential* yang terjadi. Jadi perhitungan konvensional dapat digunakan untuk kasus gedung berpondasi dangkal diatas tanah pasir atau tanah-tanah yang kuat.
4. Pada balok terluar diperoleh perbandingan momen pada balok : M_{max} menurut perhitungan interaksi media elastis $> 6M_{max}$ menurut perhitungan cara konvensional. D_{max} perhitungan cara interaksi perhitungan media elastis $8D_{max}$ perhitungan cara konvensional (D = Gaya lintang pada balok).

Tanah diasumsikan sebagai media elastis yang ekuivalen dengan pegas, sehingga memiliki suatu nilai konstanta pegas (K) yang dicari menggunakan persamaan berikut :

$$K_i = \frac{F_i}{\delta_i} \quad [2.15]$$

Dimana :

F_i = Gaya atau beban yang terjadi di titik ke-i

K_i = konstanta pegas di titik ke-i

δ_i = Penurunan yang terjadi di titik ke-i

2.4.8 Modulus of Subgrade Reaction (k_s)

Untuk menganalisis gaya-gaya dalam dan penurunan arah vertikal (settlement), dapat dilakukan dengan menggunakan model tumpuan pegas (elastis).

Besarnya reaksi yang dapat didukung oleh tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan pegas elastis, tergantung dari besarnya gaya pegas dari tumpuan yang bersangkutan. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan elastis, kemampuan untuk mendukung beban, tergantung dari besarnya *modulus of subgrade reaction* (k_s) dari tanah. Besarnya k_s berlainan untuk setiap jenis tanah dapat DANDilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai *modulus of subgrade reaction* (k_s) untuk berbagai Jenis Tanah

Jenis Tanah	Kisaran Harga k_s (kN/m^3)
Sand	
Loose sand (pasir lepas)	4500 – 15000
Medium sand (tanah kepadatan sedang)	9000 – 75000
Dense sand (pasir padat)	60000 – 120000
Clayey sand (pasir campur lempung)	30000 – 75000
Silty sand (pasir campur lanau)	22500 – 45000
Clay	
$q_u < 4 \text{ kPa}$	11250 – 22500
$4 \text{ kPa} < q_u < 8 \text{ kPa}$	22500 – 45000
$8 \text{ kPa} < q_u$	>45000

Dengan $q_u = 2 \cdot C_u$

(Sumber: J. E. Bowles, 1984)

Nilai *modulus of subgrade reaction* akan dijadikan acuan sebagai nilai koefisien pegas tanah untuk perletakan pegas yang dapat dicari dengan persamaan :

$$K = k_s \cdot A \quad [2.16]$$

Dimana :

K = Koefisien pegas perletakan (kN/m)

k_s = *modulus of subgrade reaction* (kN/m³)

A = luas penampang tiang pancang (m²)

2.5 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang

Perencanaan perhitungan pondasi tiang pancang memiliki beberapa metode perhitungan daya dukungnya, pada Tugas Akhir ini menggunakan metode berdasarkan data SPT (N) dan dihitung menggunakan program AllPile untuk mendapatkan grafik hubungan gaya dengan perilaku tanah. Perumusan yang dipakai program AllPile ini adalah sebagai berikut :

2.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang pada Ujung

Dalam NAVFAC DM-7, besarnya daya dukung tiang pancang pada ujung (Q_p) adalah :

$$\begin{aligned} Q_p &= A_{\text{ujung}} \cdot q_{\text{ult}} \\ &= A_{\text{ujung}} \cdot (Nq \cdot \sigma_v + C \cdot Nc) \end{aligned} \quad [2.17]$$

Keterangan :

A_{ujung} = luas ujung tiang (m²)

q_{ult} = ultimate bearing capacity pondasi

σ_v = tekanan vertikal tanah

Nq = faktor daya dukung untuk tanah pasir

C = kohesi tanah (kg/cm²)

Nc = faktor daya dukung untuk tanah kohesi

Tabel 2.8 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Pasir

Φ (Internal friction)	N_q (Displacement pile)	N_q (No-Displacement pile)
26	10	5
28	15	8
30	21	10
31	24	12
32	29	14
33	35	17
34	42	21
35	50	25
36	62	30
37	77	38
38	86	43
39	120	60
40	145	72

Tabel 2.9 Faktor Daya Dukung untuk Tanah Kohesif

z/B (Depth/Width)	N_c
0	6,3
1	7,8
2	8,4
3	8,8
4	9
>4	9

2.5.2 Daya Dukung Tiang Pancang pada Selimut

Dalam NAVFAC DM-7, besarnya daya dukung untuk tahanan geser/ selimut tiang pada tanah lunak (Q_s) yaitu :

$$Q_s = \sum Sf. P_i. \Delta L = \sum (f_0 + Ca) P_i \Delta L \quad [2.18]$$

Keterangan :

Sf = daya dukung/ tahanan selimut

f_0 = lekatan selimut pada tanah pasir

Ca = adhesi pada tanah kohesif

P_i = keliling penampang tiang

ΔL = panjang segmen tiang

2.5.3 Daya Dukung Ultimate dan Daya Dukung Izin

Dari perhitungan daya dukung ujung tiang (Q_p) dan selimut tiang (Q_s) dicari daya dukung yang mampu didukung oleh tanah (Q_{ult}) yaitu :

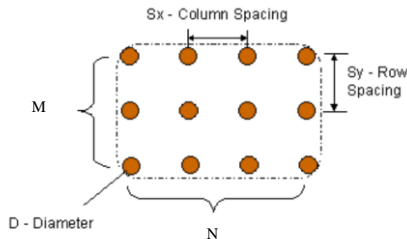
$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad [2.19]$$

Sedangkan daya dukung yangizinkan adalah :

$$Q_{izin} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad [2.20]$$

Dengan SF (*safety factor*) = 2 s/d 3.

2.6 Daya Dukung Grup Tiang Pancang



Gambar 2.4 Sketsa Tiang Pancang Grup
(Sumber: AllPile Version 7 User Manual)

Jika daya dukung satu tiang pancang tidak dapat menahan beban dari perletakan maka dibutuhkan lebih dari satu tiang pancang. Konfigurasi letak tiang pancang satu sama lain akan membentuk grup tiang pancang (Gambar 2.4). Untuk daya dukung grup tiang pancang maka harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut koefisien efisiensi (C_e). Perhitungan koefisien efisiensi grup tiang pancang menurut Converse-Labarre menggunakan persamaan :

$$C_e = 1 - \left\{ 1 - \left(\frac{\arctan(\emptyset/S)}{90^\circ} \right) \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \right\} \quad [2.21]$$

Dimana :

\emptyset = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

Jadi besar daya dukung tiang pancang grup adalah :

$$Q_{grup} = Q_{izin} \times n \times C_e \quad [2.22]$$

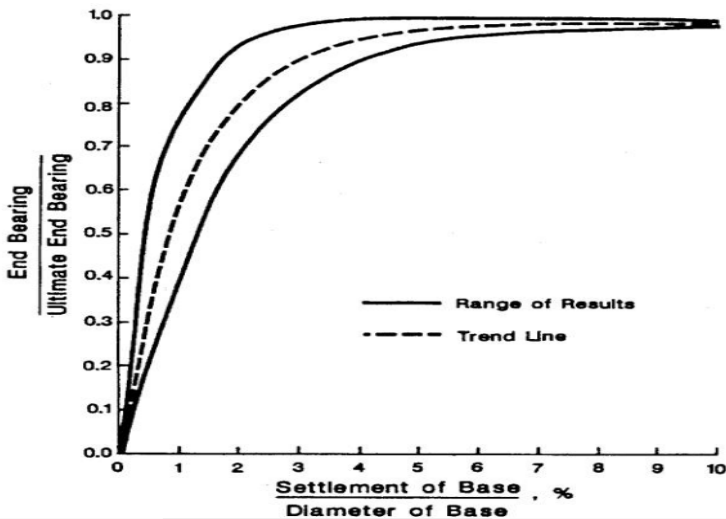
2.7 Load-Settlement Curve (P-Z Curve)

P-Z curve menunjukkan hubungan daya dukung pada tiang dan pergeseran antara tanah dan tiang pancang (*settlement*). *P-Z curve* dapat bervariasi pada kedalaman dan tanah yang berbeda. *P-Z curve* terdiri dari beberapa kurva antara lain kurva *q-z* dan *t-z* untuk gaya aksial, dan kurva *p-y* untuk gaya lateral. Kurva *q-z* menunjukkan hubungan antara daya dukung ujung tiang dan penurunan dasar tiang pancang sedangkan kurva *t-z* menunjukkan hubungan antara daya dukung selimut tiang dan penurunan tiap segmen selimut tiang pancang. Terdapat empat tahapan dalam menentukan *P-Z curve* :

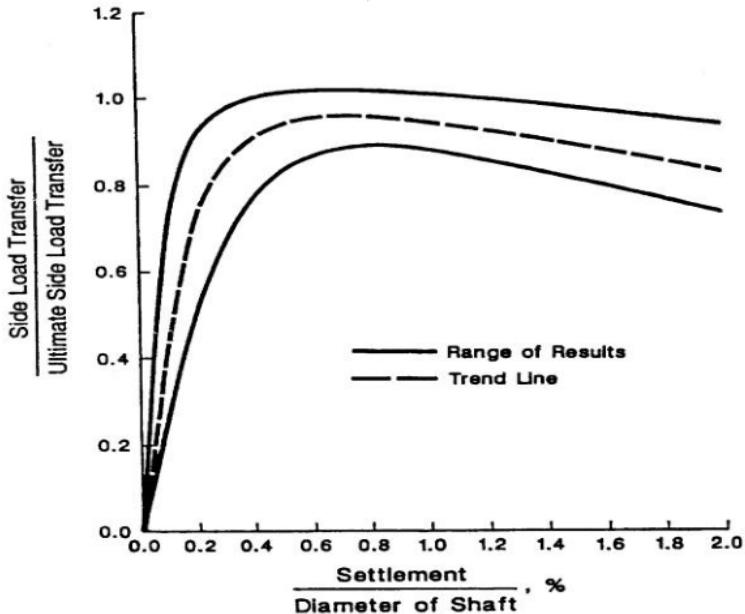
1. Hitung daya dukung *ultimate* ujung tiang pancang (Q_p) dan daya dukung *ultimate* selimut tiang pancang (Q_s).

2. Cari rasio penurunan dan distribusi beban dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6.
3. Integrasikan daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut tiang untuk mendapatkan total daya dukung vertikal seperti fungsi pada penurunan.
4. Dari hubungan antara rasio penurunan dan distribusi beban, didapat kurva $q-z$ dan kurva $t-z$.

Grafik *load-settlement* untuk *immediate settlement* didapat dari program AllPile sesuai prinsip Reese dan O'Neill (1989) pada Gambar 2.5 dan 2.6.



Gambar 2.5 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Ujung Tiang Pancang pada Tanah Kohesif
(Sumber: AllPile Version 7 User Manual)



Gambar 2.6 Kurva Hubungan Beban Vertikal dan Penurunan Akibat Selimut Tiang Pancang pada Tanah Kohesif
(Sumber: AllPile Version 7 User Manual)

Untuk pondasi tumpuan pegas *end bearing*, maka perhitungan settlement hanya *immediate settlement*. Sedangkan untuk pondasi tumpuan pegas *friction*, perhitungan settlement meliputi *immediate settlement*, *creep*, dan *consolidation settlement*.

2.7.1 *Immediate Sttlement/ Si* (Penurunan Seketika/ Short-term)

Perhitungan penurunan seketika (*immediate settlement*) yang terjadi pada bagian atas tiang pancang sesaat setelah dibebani dihitung menggunakan AllPile sesuai dengan nilai Berdasarkan rekomendasi Vesic (1977), penurunan ujung atas tiang pancang terdiri dari tiga komponen sebagai berikut :

- a. Penurunan akibat deformasi aksial oleh tiang pancang, X_s

$$X_s = \Sigma(Q_p + Q_s) \frac{\Delta l}{EA} \quad [2.23]$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ujung tiang pancang

Q_s = daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang

Δl = panjang segmen tiang pancang

E = modulus elastisitas tiang pancang

A = luas efektif tiang

- b. Penurunan tiang pancang akibat beban yang diterima ujung tiang, X_{pp}

$$X_{pp} = \frac{C_p Q_p}{B q_{ult}} \quad [2.24]$$

Dimana :

C_p = koefisien empiris menurut tipe tanah dan jenis pondasi (Tabel 2.8)

Q_p = daya dukung ujung tiang pancang

B = diameter tiang pancang

q_{ult} = daya dukung ultimate tiang pancang

Tabel 2.10 Nilai C_p untuk Analisa Penurunan

Soil Type	Driven Piles	Drilled Piles
Sand	0,03	0,135
Clay	0,025	0,045
Silt	0,04	0,105

- c. Penurunan tiang pancang akibat beban yang diterima seluruh selimut tiang, X_{ps}

$$X_{ps} = \frac{C_s Q_s}{L e q_{ult}} \quad [2.25]$$

Dimana :

L_e = panjang tiang pancang yang tertanam

q_{ult} = daya dukung ultimate tiang pancang

Q_s = daya dukung tanah lekatan lateral pada selimut tiang

$$C_s = \left(0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{z}{B}} \right) C_p$$

dimana z/B = kedalaman/ lebar tiang pancang

2.7.2 Creep (Penurunan Jangka Panjang/Long-term)

Penurunan jangka panjang yang terjadi pada tiang pancang terjadi saat beban yang terjadi sama namun terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh *creep* pada tiang pancang. Penurunan *creep* dihitung pada pondasi dengan tumpuan *creep* saja. Reese dan O'Neill (1989) dan Mochtar (1988) mengemukakan persamaan untuk penurunan jangka panjang sebagai berikut :

$$p(t) = p_o + \frac{d_i \cdot U \cdot e^{V \cdot R}}{w} \cdot t^w \quad [2.26]$$

Dimana :

$p(t)$ = Penurunan jangka panjang (*creep*)

p_o = Penurunan jangka pendek (*immediate settlement*)

d_i = diameter tiang pancang (inch)

U = 8×10^{-6}

V = 3×10^{-2}

R = *load ratio*

w = 0,41

t = waktu penurunan jangka panjang (menit)

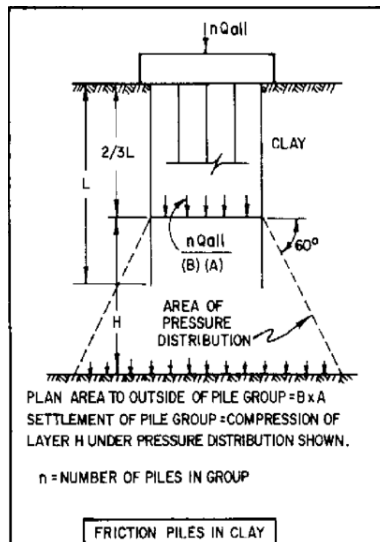
2.7.3 Penurunan Tanah akibat Grup Tiang Pancang

Ketentuan mengenai penurunan tiang pancang grup diambil berdasarkan pedoman oleh NAFVAC, DM-7 dapat dilihat pada Gambar 2.7. Dari pedoman tersebut penurunan konsolidasi tiang grup terjadi pada 1/3 panjang tiang pancang paling bawah. Beban yang digunakan sebagai faktor distribusi tegangan I adalah *pilecap* yang dirumuskan sebagai :

$$I = \frac{(B \times L)}{(B \times z) + (L \times z)} \quad [2.30]$$

Dimana :

- I = Faktor distribusi tegangan
- B = Panjang pilecap
- L = Lebar pilecap
- z = Kedalaman tanah (m)



Gambar 2.7 Penurunan Tiang Pancang Grup pada Tanah Lempung

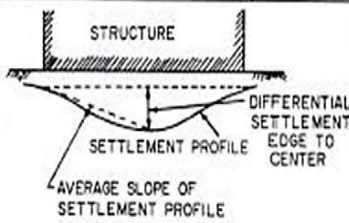
(Sumber: NAVFAC, DM -7)

2.7.4 Kontrol Differential Settlement

Ketentuan perbedaan penurunan (*differential settlement*) diambil berdasarkan pedoman oleh NAVFAC, DM-7 dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Persyaratan *Differential Settlements*

Type of structure	Tolerable Differential settlement	Qualifying condition
Circular steel petroleum or fluids storage tanks: Fixed top Floating top	(units of radian of slope of settlement profile) 0.008 (Depending of detail of floating top)	Values apply to tanks on flexible base. Rigid slabs for base will not permit such settlement cracking and local buckling
Tracks for overhead traveling crane Rigid circular mat or ring footing for tall and slender rigid structure such as stacks, silos or water tanks	0.003 0.002 (cross slope of rigid foundation)	Value taken longitudinally along track. Settlement between tracks generally does not control
Jointed rigid concrete pressure pipe conduit	0.015 (radians of angle change of joint)	Maximum angle change at joint is generally 2 to 4 times average slope of settlement profile. Damage to joint also depends on longitudinal extension
One or two story steel frame, truss roof, warehouse with flexible siding.	0.006 to 0.008	Presence of overhead crane, utility lines, or operation of forklifts on warehouse floor would limit tolerable settlement.
One or two story houses with plain brick bearing walls and light structural frame.	0.002 to 0.003	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occurs before interior finish is complete

Structures with sensitive interior exterior finish such as plaster, ornamental stone, or tile facing.	0.001 to 0.002	Larger value is tolerable if significant portion of settlement occur before finish is complete
Structures with relatively insensitive interior or exterior finish such as dry wall, movebbles panels, glass panels	0.002 to 0.003	Damage to structural frame may limit tolerable settlements.
Multistory heavy concrete rigid frame on structural mat foundation if thick	0.0015	Damage to interior or exterior finish may limit tolerable settlements.
 <p>Tolerable differential settlement is expressed in terms of slope of settlement profile Value of 0.001= 1/4 in differential settlement in 20 ft distance Value of 0.008= 2 in differential settlement in 20 ft distance</p>		

(Sumber: NAVFAC, DM -7)

2.7.5 Kontrol Retak dan Defleksi

Perhitungan lebar retak balok mengacu pada SNI 2847-2002 pasal 12.6.4 :

$$\omega = 11 \cdot 10^6 \cdot \beta \cdot f_s \times \sqrt[3]{d_c \cdot A} \quad [2.31]$$

Keterangan :

ω = lebar retak

β = Perbandingan dari jarak serat tarik maksimum dengan garis netral pada metode tegangan kerja terhadap jarak dari titik berat tulangan tarik utama terhadap garis netral yang sama.

Untuk balok, $\beta = 1,2$

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke

pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat
 $A = \text{luas efektif tulangan}$

Syarat :

$\leq 0,4 \text{ mm}$ untuk penampang di dalam ruangan

$\leq 0,3 \text{ mm}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

Untuk defleksi balok harus memenuhi peraturan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1 yaitu kurang dari $L/480$ dengan $L =$ panjang balok (Tabel 2.12).

Tabel 2.12 Lendutan Ijin Maksimum yang Dihitung

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$L/180^*$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$L/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) ¹	$L/480^{\ddagger}$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$L/240^{\S}$

*Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (*camber*), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase.

¹Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktur. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau.

^{\ddagger}Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan.

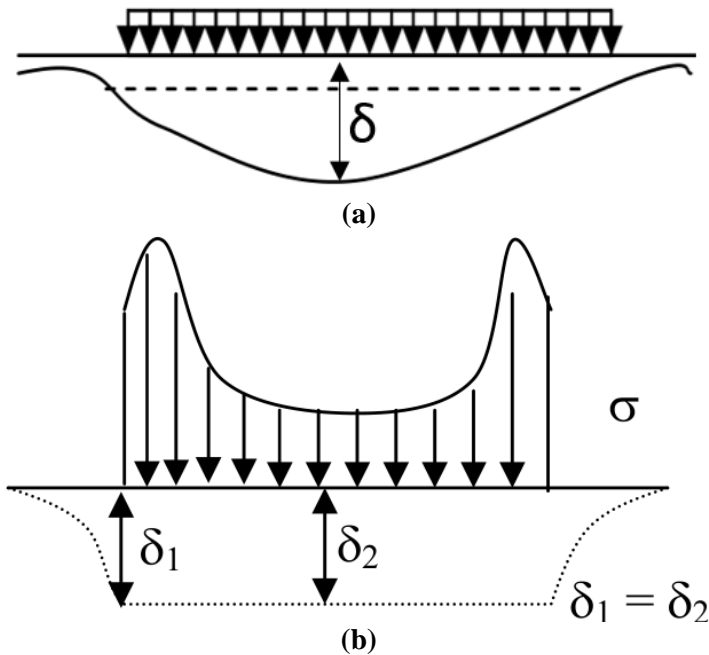
^{\S}Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktur. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.

(Sumber: SNI 2847-2013)

2.8 Konsep Perhitungan Pondasi di Atas Tanah Lunak dengan Memperhatikan Penurunan Merata

Berdasarkan asumsi Winkler (1867), perhitungan perencanaan pondasi di atas tanah lunak menggunakan perhitungan secara numerik, dimana tanah dianggap sebagai pegas elastis dengan anggapan pembebanan yang merata akan menghasilkan penurunan yang merata. Beban merata diatas media elastis akan

menghasilkan penurunan tidak merata dan beban tidak merata dengan konfigurasi tertentu akan menghasilkan penurunan merata seperti pada Gambar 2.8. Konfigurasi beban tak merata ini sangat tergantung dari sifat tanahnya.



Gambar 2. 8 Bentuk Penurunan δ Diatas Media Elastis
 Penurunan akibat (a) Beban Merata dan (b) Beban Tak Merata
(Sumber: Lastiasih dan Mochtar, 2004)

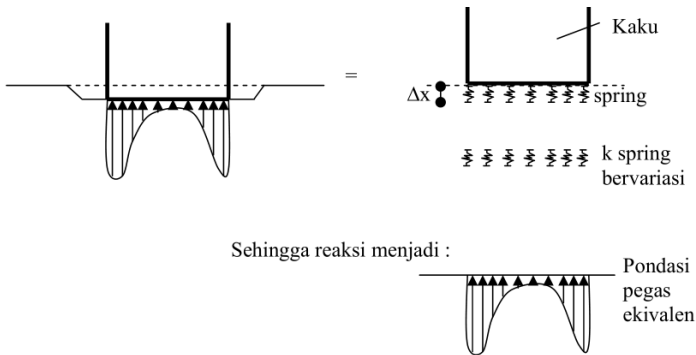
Berdasarkan penelitian oleh Lastiasih dan Mochtar (2004), bila diharapkan suatu gedung dengan pondasi yang tidak sampai tanah keras berdiri di atas tanah lunak tanpa mengalami kerusakan yang berarti, gedung tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan berikut :

1. Gedung diasumsikan cukup kaku untuk melawan perbedaan penurunan (*differential settlement*) sehingga hampir tidak ada *differential settlement* pada tanah akibat penurunan tanah dasar. Jadi konsolidasi tanah yang diakibatkan oleh berat gedung adalah praktis merata (*uniform*).
2. Gedung tersebut haruslah mengakibatkan reaksi perlawanan tanah yang tidak merata sedemikian rupa sehingga dihasilkan penurunan konsolidasi yang merata seperti pada Gambar 2.8 (b).
3. Jumlah reaksi total tanah dasar haruslah sama dengan berat gedung. Jadi $\int dA \cdot \sigma = W$ berat gedung.
4. Memenuhi toleransi *differential settlement* untuk bangunan beton yaitu 0,002 s/d 0,003, untuk bangunan baja yaitu 0,006 s/d 0,008.

Bila gedung yang relatif kaku tersebut berada di atas permukaan tanah yang mengadakan reaksi perlawanan p_i dan mengalami penurunan konsolidasi δ_i , maka kondisi tersebut dapat dianggap sama saja dengan asumsi gedung berada di atas perletakan pegas dengan harga konstanta pegas, K_i , yang tidak merata yaitu $K_i = p_i / \delta_i$.

Asumsi dasar yang dipakai dalam perencanaan pondasi dengan perletakan pegas ini adalah (Lastiasih dan Mochtar, 2008):

1. Diatas media elastis, penurunan yang merata tidaklah dihasilkan oleh beban yang merata. Sebaliknya beban merata menghasilkan penurunan yang tidak merata.
2. Supaya penurunan merata dan tidak miring gedung dibuat memiliki pembebanan simetris.
3. Gedung kaku tahan *differential settlement*, jadi *settlement* dianggap merata sehingga gedung mengalami penurunan sebagai berikut :



Gambar 2.9 Kondisi Gedung yang Kaku dan Tahan *Differential Settlement*

4. Bisa dicari reaksi tanah sedemikian rupa dengan distribusi tegangan (σ). Reaksi ini adalah reaksi yang menghasilkan penurunan (*settlement*) merata untuk jangka waktu tertentu.
5. Bila gedung tahan berdiri diatas pondasi pegas ekivalen berarti gedung tersebut OK.
6. Terlebih dahulu dicari daya dukung tanah yang di atas tanah tersebut akan dibangun suatu gedung, apakah tanah tersebut mampu bila di atasnya dibangun gedung.
7. Setelah diketahui daya dukung tanah mampu, mulai dicari konfigurasi pembebanan. Terlebih dahulu diasumsikan bahwa beban yang berada di atas titik berat gedung \approx titik pusat bidang kontak pondasi dengan tanah, setelah itu dihitung besarnya tegangan yang terjadi pada lapisan dan titik yang ditinjau.
8. Dengan diketahui besarnya tegangan akibat pembebanan pada permukaan tanah maka dapat dihitung besarnya penurunan konsolidasi tiap lapisan, dan didapatkan total penurunan yang terjadi. Bila penurunan ini tidak sama di sembarang titik, maka proses iterasi untuk mencari pembebanan mulai dilakukan. Proses iterasinya dilakukan dengan menambah nilai P (beban di permukaan tanah) yang berada diujung-ujung dan mengurangi nilai P yang berada ditengah-tengahnya.

Iterasi baru berhenti jika penurunan total yang dihasilkan pada sembarang titik besarnya sama. Toleransi untuk beda penurunan yang masih dianggap sama sesuai dengan *differential settlement* NAVFAC DM-7.

9. Setelah mendapatkan konfigurasi pembebanan yang dimaksud, yaitu yang bisa menyebabkan terjadinya penurunan yang merata di sembarang titik, maka dapat diketahui reaksi yang terjadi pada tanah. Penurunan yang disebabkan oleh konsolidasi tanah dasar ini pada tiap lapisan di sembarang titik besarnya berlainan, tetapi bila ditotal dari semua lapisan itu hasilnya sama di sembarang titik.
10. Reaksi tanah yang menghasilkan penurunan tanah yang merata di atas dapat dianggap sama dengan reaksi tanah yang melawan beban pondasi gedung. Jadi bila misalnya tanah diasumsikan sebagai media elastis berupa sekumplan pegas, pegas-pegas tersebut harus dibuat memiliki konstanta pegas yang tidak sama sehingga dengan penurunan yang merata (sama), reaksi pegas (= reaksi tanah) tidaklah merata.
11. Kemudian harus dicek terlebih dahulu apakah daya dukung tanah mampu memenuhi atau tidak. Apabila telah memenuhi persyaratan daya dukung tanah maka gedung tersebut akan diuji kekuatannya bila diletakkan pada tanah yang dianggap sebagai media elastis yang terdiri dari sekumpulan pegas yang mempunyai konstanta pegas berlainan.
12. Dengan meletakkan gedung pada tanah yang dianggap terdiri dari sekumpulan pegas yang mempunyai konstanta pegas berlainan maka dihasilkan gaya-gaya dalam dari gedung tersebut. Setelah diketahui reaksi-reaksi dari gedung tersebut maka reaksi tersebut diterapkan pada tanah dibawahnya apakah penurunan yang terjadi masih merata atau tidak ataukah terjadi *differential settlement* yang masih memenuhi batasan *differential settlement* untuk bangunan beton yaitu 0,002 s/d 0,003 dan untuk bangunan baja yaitu 0,006 s/d 0,008.

13. Apabila penurunannya merata maka sampai umur rencana gedung tersebut tidak akan mengalami retak dan apabila penurunannya tidak merata maka gedung tersebut akan mengalami retak sehingga perlu diubah dimensi dari bagian struktur gedung tersebut hingga mampu menerima reaksi tersebut hingga umur yang direncanakan. Kontrol retak yang dilakukan berdasarkan Pedoman ACI yang menentukan bahwa δ tidak melampaui 175 kip/inchi (30.6 MN/m) untuk konstruksi yang terlindung dan δ tidak melampaui batas 145 kip/inchi (25.4 MN/m) untuk konstruksi yang dihuja-
anginkan.

2.9 Program Bantu Khusus yang Digunakan

2.9.1 ETABS

Program ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures, Incorporated (CSI) yang berlokasi di Barkeley, California, Amerika Serikat yang juga pembuat SAP2000. Program SAP2000 digunakan secara umum untuk analisis struktur seperti jembatan, bendungan, stadion/gelanggang, struktur untuk industri, dan bangunan-bangunan industri. Sedangkan program ETABS digunakan secara khusus untuk analisis struktur high rise building seperti bangunan perkantoran, apartemen, rumah sakit, dan bangunan gedung lainnya.

Program ETABS secara khusus difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur, yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang, analisis dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektif waktu dalam menganalisisnya. Hal ini menunjukkan kelebihan ETABS dibandingkan dengan SAP2000 untuk analisis bangunan gedung. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini digunakan ETABS untuk analisis struktur gedung.

2.9.2 AllPile

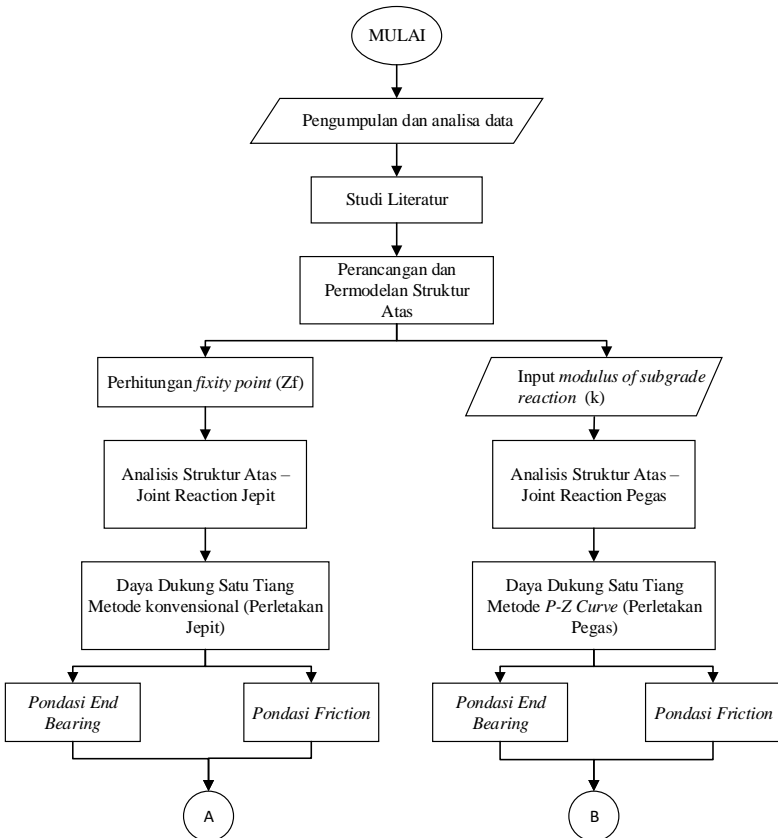
AllPile adalah program yang berfungsi untuk mendesain pondasi, khususnya pondasi dalam. Dengan memasukkan data karakteristik tanah maka program ini akan menampilkan daya dukung pondasi dan kurva-kurva hubungan antara gaya dan pengaruh gaya tersebut terhadap tanah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

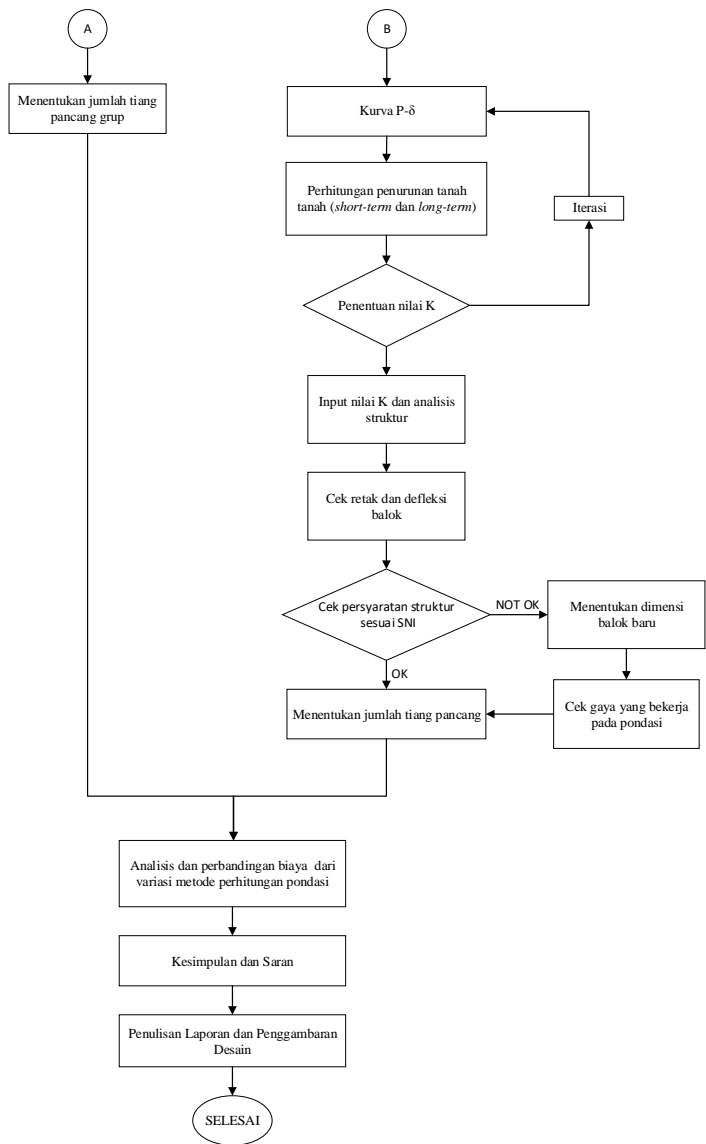
BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

Berikut ini adalah bagan alir urutan pelaksanaan untuk Tugas Akhir ini :



Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Pelaksanaan Tugas Akhir
(bagian 1 dari 2)



Gambar 3.2 Bagan Alir Metodologi Pelaksanaan Tugas Akhir
(bagian 2 dari 2)

3.2 Penjelasan Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

Dari bagan alir pada Gambar 3.1 dan 3.2 dapat dijelaskan alur metodologi yang dipakai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pengumpulan Data dan Analisis Data Tanah

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini berupa data sekunder yang didapat dari lokasi proyek atau hasil pengujian dari pihak lain. Data yang diperlukan untuk perencanaan Tugas Akhir ini :

1. Data struktur atas gedung (denah, permodelan, dan pembebanan).
2. Data pengujian tanah di lapangan (Bor Log dan SPT).
3. Data pengujian tanah di laboratorium (parameter fisis dan mekanis tanah).
4. Data spesifikasi material (tiang pancang, beton, tulangan) dan harga.

Data Umum Bangunan :

1. Nama Gedung : Apartemen Puncak MERR
2. Lokasi : Wonorejo, Rungkut, Surabaya
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah : 7 lantai bangunan bawah, 2 tower masing-masing 33 lantai, tanpa basemen
5. Tinggi Gedung : + 117,8 meter
6. Struktur : Struktur beton bertulang (SRPM dan dinding geser)
7. Kondisi Tanah : Tanah alluvial hidromorf

Untuk data tanah akan dilakukan analisis untuk mencari parameter tanah yang tidak ada dari data sekunder tersebut. Analisis dilakukan dengan menggunakan korelasi statistik dari data tanah di sekitar lokasi proyek atau dengan perumusan. Data tanah yang dipakai akan memakai data tanah dari lokasi proyek.

3.2.2 Studi Literatur

Studi Literatur adalah mengumpulkan materi dan referensi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Adapun literatur yang akan digunakan dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Referensi mengenai perencanaan dimensi pelat, balok, kolom, dan lebar retak struktur dalam SNI.
2. Referensi mengenai perhitungan daya dukung tiang pancang Pultimate dan rencana jumlah tiang pancang grup.
3. Perhitungan *settlement*.
4. Konsep perencanaan metode konvensional dan metode *P-Z curve*.
5. Perhitungan biaya bahan dari pondasi dan struktur.
6. Referensi tentang pengoperasian software ETABS dan AllPile

3.2.3 Menentukan Permodelan Struktur Atas

Dari data struktur atas dibuat permodelan struktur ke program ETABS sesuai dengan dimensi yang direncanakan pihak proyek. Material gedung yang berupa beton tetap berupa beton bertulang. Pada Tugas Akhir ini, struktur atas bangunan gedung akan dimodifikasi dengan mengurangi jumlah lantai menjadi total 10 lantai dengan rincian sebagai berikut :

1. Material Struktur : Struktur beton bertulang
2. Sistem Struktur : Sistem ganda rangka pemikul momen khusus
3. Jumlah Lantai : 4 lantai bangunan bawah, 6 lantai bangunan atas modifikasi (1 tower)

Perhitungan pembebanan struktur atas yaitu dimensi pelat, balok, dan kolom direncanakan berdasarkan SNI 2847 – 2013, beban terhadap struktur berdasarkan PPIUG 1983, dan beban gempa berdasarkan SNI 1726 – 2012.

3.2.4 Analisis Struktur Atas

Dari permodelan struktur, dilakukan analisis dengan menggunakan program ETABS. Jika struktur tidak memenuhi

persyaratan, maka dilakukan desain ulang gedung sampai didapatkan struktur atas yang memenuhi persyaratan. Setelah itu, didapat nilai reaksi perletakan untuk masing-masing tumpuan sebagai acuan beban struktur atas untuk perencanaan daya dukung pondasi.

3.2.5 *Input* Nilai koefisien untuk perletakan ke ETABS

Input nilai koefisien pada program ETABS dilakukan setelah pondasi tiang pancang selesai direncanakan dan didapat nilai koefisien untuk masing-masing metode perencanaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing jenis pondasi terhadap besarnya momen dan gaya yang terjadi pada struktur atas. Koefisien yang dicari yaitu koefisien *fixity point* (Z_f) untuk metode konvensional dan koefisien pegas (K) untuk metode *P-Z curve*. Nilai ini merupakan *input* pada perletakan dalam program ETABS.

3.2.6 Menghitung Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang digunakan software AllPile yang menggunakan metode Vesic. Diameter tiang pancang yang digunakan untuk perhitungan adalah 60 cm. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung ultimate satu tiang pancang pada tanah di lokasi proyek.

3.2.7 Perencanaan Pondasi Metode Konvensional

Perhitungan dilakukan untuk masing-masing jenis tiang pancang *end bearing* dan *friction*. Pondasi tiang pancang *end bearing* menggunakan ujung pondasi sebagai kekuatan daya dukungnya. Sedangkan pondasi *friction* menganggap tiang pancang diletakkan tidak sampai menyentuh tanah keras. Pondasi tiang pancang *friction* menggunakan lekatan tanah pada sepanjang selimut pondasi sebagai kekuatan daya dukungnya. Perhitungan daya dukung pondasi metode konvensional yaitu dengan asumsi tidak ada penurunan pada tiang pancang ($\Delta \approx 0$). Pada *input* ETABS pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan jepit.

3.2.8 Perencanaan Pondasi Metode *P-Z Curve*

Perhitungan dilakukan untuk masing-masing jenis tiang pancang *end bearing* dan *friction*. Perhitungan kekuatan pondasi perletakan pegas metode *P-Z curve* yaitu dengan dengan asumsi adanya penurunan/ *settlement* pada tiang pancang ($\Delta \neq 0$). Besarnya daya dukung tanah diasumsikan memiliki daya dukung izin bervariasi sesuai *load ratio* yaitu 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 daya dukung ultimate tanah. Pada input ETABS pondasi ini diasumsikan sebagai perletakan pegas.

3.2.9 Menentukan Jumlah Tiang Pancang dalam Satu Grup

Perencanaan jumlah tiang pancang dilakukan setelah mengetahui daya dukung pada satu pondasi tiang pancang untuk masing-masing metode perencanaan dan berat total dari struktur atas, sehingga dapat dihitung jumlah pancang yang dibutuhkan dalam satu grup untuk menahan distribusi berat dari struktur di atasnya.

3.2.10 Perhitungan *Settlement* (Penurunan Tanah), *Creep* (Penurunan Jangka Panjang), dan Koefisien Tiang Pancang untuk Metode *P-Z Curve*

Perhitungan *settlement* dan *creep* dilakukan untuk analisis penurunan tanah dan pile pada metode *P-Z curve*. Dari hasil analisis struktur dilakukan korelasi grafik antara nilai reaksi perletakan dengan penurunan tanah yang terjadi dan cek apakah sudah sesuai dengan grafik *load-settlement* untuk jenis tanah tersebut. Iterasi dilakukan sampai hasil korelasi reaksi perletakan dan penurunan tanah sesuai grafik *load-settlement*.

3.2.11 Analisis Gaya yang Terjadi pada Struktur Atas

Analisis struktur atas dilakukan menggunakan program ETABS setelah setelah didapatkan nilai koefisien pegas tetap dari hasil iterasi. Parameter yang ditinjau untuk kontrol persyaratan adalah momen, retak, dan defleksi.

3.2.12 Kontrol Persyaratan Struktur sesuai SNI untuk Metode *P-Z Curve*

Kontrol persyaratan struktur yang ditinjau untuk perletakan pegas ini adalah cek lebar retak yang dilakukan setelah mengetahui besarnya momen dan gaya yang terjadi pada struktur atas. Syarat lebar retak tidak boleh lebih dari 0,3 mm untuk penampang luar yang terkena cuaca sedangkan untuk penampang dalam ruangan tidak boleh lebih dari 0,4 mm sesuai dengan SNI 2847 – 2002. Sedangkan untuk defleksi balok harus memenuhi peraturan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1.

3.2.13 Menentukan Dimensi Baru dan Kontrol Hasil Desain Ulang

Apabila terjadi retak pada struktur melebihi syarat yang telah ditetapkan SNI 2847 – 2002, maka harus direncanakan kembali dimensi struktur (khususnya balok) yang baru. Untuk mempercepat proses perencanaan tanpa merubah desain pondasi, maka gaya yang bekerja pada pondasi di setiap titik ditinjau dengan menggunakan ETABS setelah mengubah dimensi struktur (balok atau kolom). Apabila gaya yang bekerja pada pondasi (Q_{working}) lebih besar dari daya dukung izin tiang (Q_{izin}) maka dilakukan iterasi dengan mengubah jumlah tiang pancang.

Setelah dilakukan perubahan desain maka dilakukan analisis dan kontrol seperti langkah sebelumnya sampai tidak terjadi keretakan balok pada struktur atas.

3.2.14 Analisis Perbandingan Estimasi Biaya

Apabila seluruh dari berbagai alternatif variasi pondasi tiang pancang dan dimensi struktur atas telah direncanakan secara aman dan memenuhi persyaratan, maka dilakukan pengecekan total biaya bahan untuk mengetahui jenis pondasi tiang pancang yang paling ekonomis.

3.2.15 Kesimpulan dan Saran

Setelah analisis jenis pondasi *end bearing* dan *friction* untuk metode konvensional dan metode *P-Z curve*, dapat disimpulkan

biaya bahan yang paling ekonomis. Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan alternatif hasil analisis metode perencanaan pondasi sehingga dapat dijadikan perbandingan untuk mendapatkan harga pondasi dalam yang lebih murah.

3.2.16 Penulisan Laporan dan Penggambaran Desain

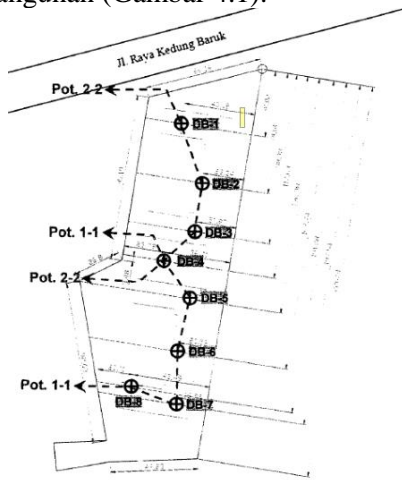
Semua hasil pengerjaan Tugas Akhir di atas ditulis ke dalam laporan akhir. Dari hasil perencanaan didapat dimensi struktur atas dan pondasi tiang pancang yang ideal yang kemudian dibuat gambar desain dengan program AutoCAD.

BAB IV ANALISIS DATA

4.1 Data Tanah

4.1.1 Pengambilan Data Tanah

Data tanah untuk pengerjaan Tugas Akhir ini didapat dari kontraktor proyek pembangunan Apartemen Puncak MERR. Lokasi proyek berada di Wonorejo, Surabaya. Penyelidikan tanah di lapangan dilakukan menggunakan *Standard Penetration Test* dan *Bore Log* sampai kedalaman 60 m pada 8 titik di area lokasi rencana pembangunan (Gambar 4.1).

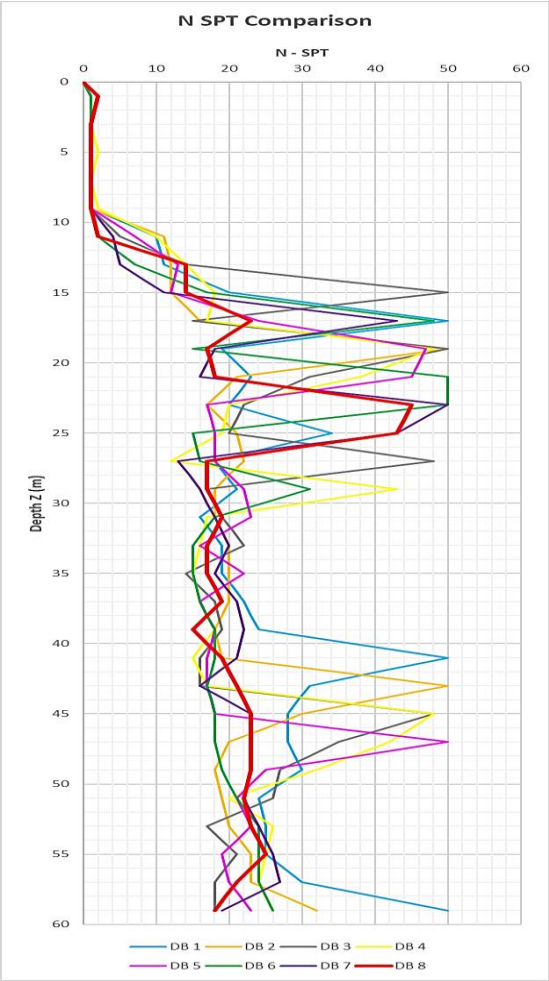


Gambar 4.1 Denah Titik Penyelidikan Tanah
(Sumber: Data Proyek Puncak MERR)

Titik penyelidikan yang dilakukan di lokasi pembangunan yaitu DB-1, DB-2, DB-3, DB-4, DB-5, DB-6, DB-7, dan DB-8. Interval pengamatan kondisi tanah dilakukan setiap 2 meter sampai kedalaman 60 m dari permukaan tanah. Hasil penyelidikan tanah dapat dilihat pada LAMPIRAN A.

4.1.2 Pengolahan Data Tanah

Data hasil *Standard Penetration Test* dibuat perbandingan grafik hubungan N_{spt} dan kedalaman tanah seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik hubungan N_{spt} dan kedalaman tanah DB-1 s/d DB-8

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa pada kedalaman sekitar 25 m semua titik penyelidikan tanah memiliki nilai $N_{SPT} > 40$ m sehingga dalam perencanaan Tugas Akhir ini analisis tanah dilakukan sampai kedalaman 30 m.

Dari hasil *Standard Penetration Test* dan *Bore Log* dapat diketahui jenis tanah dan konsistensi tanah untuk masing-masing titik. Pada Tabel 4.1 disajikan perbandingan jenis dan konsistensi tanah antar titik penyelidikan tanah.

Tabel 4.1 Perbandingan Jenis Dan Konsistensi Tanah Antar Titik Penyelidikan Tanah

Depth Z	Consistency							
	DB 1	DB 2	DB 3	DB 4	DB 5	DB 6	DB 7	DB 8
0								
1	Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Soft	Soft
2								
3	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft
4								
5	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft
6								
7	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft
8								
9	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Loose	Very Soft	Very Soft	Very Soft	Very Soft
10								
11	Stiff	Medium	Medium	Medium	Medium	Very loose	Loose	Loose
12								
13	Stiff	Stiff	Stiff	Stiff	Stiff	Medium	Medium	Stiff
14								
15	Medium	Stiff	Very Dense	Very Stiff	Stiff	Very Stiff	Stiff	Stiff
16								
17	Very Dense	Very Stiff	Very Stiff	Medium	Very Stiff	Hard	Hard	Very Stiff
18								
19	Very Stiff	Very Dense	Very Dense	Dense	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff	Stiff
20								
21	Very Stiff	Very Stiff	Hard	Dense	Dense	Very Dense	Very Dense	Medium
22								
23	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff	Dense	Very Dense	Dense	Dense
24								
25	Hard	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff	Stiff	Dense
26								
27	Very Stiff	Very Stiff	Hard	Medium	Medium	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff
28								
29	Very Stiff	Very Stiff	Very Stiff	Hard	Very Stiff	Dense	Very Stiff	Very Stiff
30								

	Embankment
	Clay (Very Soft - Soft)
	Clay (Soft - Stiff)
	Clay (Stiff - Very Stiff)
	Silt (Stiff - Very Stiff)
	Sand (Very Loose - Dense)
	Sand (Dense - Hard)

Dari perbandingan N_{SPT} pada Gambar 4.2 dan jenis-konsistensi tanah pada Tabel 4.1 maka dipilih tanah dengan kondisi paling kritis yaitu tanah titik DB-8. Data tanah DB-8 ini akan digunakan sebagai data tanah untuk perencanaan dan pengerjaan Tugas Akhir ini.

4.1.3 Analisis Parameter Tanah

Data tanah yang berasal dari proyek untuk Tugas Akhir ini hanya berupa data N_{SPT} dan *Bore Log* sehingga diperlukan analisis untuk mencari data parameter tanah yang lain dengan cara korelasi sesuai jenis tanah dan N_{SPT} . Nilai parameter tanah dibagi menjadi layer per kedalaman tertentu berdasarkan jenis dan konsistensi tanah. Penentuan *layer* untuk nilai parameter tanah sejenis menggunakan metode statistika.

Langkah untuk penentuan *layer* dengan metode statistika adalah sebagai berikut :

1. Penentuan standar deviasi (s) untuk jenis tanah dengan jenis dan konsistensi sama. Nilai standar deviasi dicari menggunakan fungsi STDEV(value) pada Ms. Excel.
2. Menghitung nilai N_{SPT} rata-rata untuk jenis tanah dengan jenis dan konsistensi sama.
3. Menghitung nilai CV (*Coefficient of Variant*) dengan persamaan :

$$CV = \frac{s}{N_{SPT}} \cdot 100\%$$

4. Jika nilai CV untuk layer jenis tanah yang tersebut $<30\%$, maka *layer* tanah dapat dipakai. Jika $CV > 30\%$ maka *layer* tanah harus dibagi lagi menjadi 2 *layer* atau lebih.

Contoh perhitungan pembagian *layer* tanah dengan metode statistika sesuai langkah diatas adalah sebagai berikut :

1. Tanah pada lapisan kedalaman 2 - 10 meter memiliki jenis tanah yang sama yaitu tanah lempung lunak sehingga dianggap sebagai satu *layer* tanah yang sama. Selain itu, di

bawahnya yaitu pada kedalaman 11 meter terdapat lapisan tanah pasir. Dikarenakan lapisan tanah pasir tersebut hanya setebal 1 meter dan memiliki nilai N_{SPT} yang hampir sama dengan lapisan tanah lempung di atasnya, maka dianggap satu layer dengan tanah lempung tersebut. Jadi layer tanah tersebut memiliki rentang kedalaman 2 – 11 meter.

2. Dari nilai N_{SPT} pada rentang kedalaman 2 – 11 meter, dihitung standar deviasi dan rata-rata nilai N_{SPT} . Didapatkan standar deviasi = 0,35 dan rata-rata N_{SPT} = 1,20.
3. Setelah mendapatkan standar deviasi dan rata-rata N_{SPT} , dihitung nilai *coefficient of variant*.

$$CV = \frac{0,35}{1,20} \cdot 100\%$$

$$CV = 0,29 = 29 \%$$

4. Didapatkan nilai $CV = 29\% < 30\%$, sehingga rentang *layer* tanah dapat dipakai untuk perencanaan. Parameter tanah pada rentang *layer* tersebut diasumsikan sama.

Tabel perhitungan pembagian *layer* tanah dengan metode statistika untuk parameter tanah yang sama pada seluruh rentang kedalaman tanah dapat dilihat pada LAMPIRAN A.

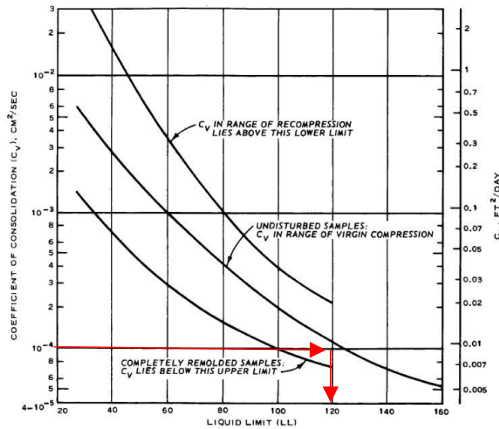
Penentuan parameter tanah untuk masing-masing layer ditentukan oleh nilai N_{SPT} , jenis tanah, dan konsistensi tanah diuraikan sebagai berikut :

1. Nilai berat volume tanah γ_t dan γ_{sat} dicari dari nilai N_{SPT} menggunakan persamaan [2.1] dan [2.2] (Wahyudi dan Lastiasih) serta korelasi Bowles (Tabel 2.1).
2. Nilai konsistensi tanah C_u dicari dari korelasi Mochtar dari nilai N_{SPT} (Tabel 2.2).
3. Dari nilai γ_{sat} dicari nilai angka pori (e) dan koefisien konsolidasi vertikal (C_v) dengan korelasi Biarez & Favre (Tabel 2.3).

4. Dari nilai C_v dicari nilai LL dengan grafik pada Gambar 2.2. Setelah diketahui nilai LL , dicari nilai IP dari grafik pada Gambar 2.3. Kemudian nilai PL dicari dengan persamaan $PL = LL - IP$.
5. Nilai CC dan C_s dicari menggunakan persamaan [2.3] dan [2.4] (Kosasih dan Mochtar).
6. Untuk nilai sudut geser ϕ , tanah *cohesive* dianggap 0 sedangkan tanah *cohesionless* memakai korelasi Bowles (Tabel 2.1).
7. Lokasi tanah di daerah Surabaya dan dilakukan perbandingan dengan tanah proyek lain yang berada di sekitar (Proyek Apartemen Bale Hinggil), didapat G_s sekitar 2,7. Dengan demikian tabel Biarez & Favre dapat digunakan.
8. Nilai tegangan tanah efektif σ'_o dicari menggunakan persamaan $\sigma'_o = z \cdot \gamma'$. Jika tanah memiliki parameter yang berbeda maka $\sigma'_o = (z_1 \cdot \gamma'_1) + ((z_2 - z_1) \gamma'_2)$, begitu seterusnya.
9. Nilai tegangan fluktuasi muka air tanah Δp_f untuk Surabaya dianggap flutuas MAT terjadi pada kedalaman 2 m sehingga $\Delta \sigma_f = 2 \text{ t/m}^2$.

Contoh perhitungan untuk layer tanah kedalaman 2 – 11 meter.

- Jenis tanah dan konsistensi = Clay and silt – Very soft
- N_{SPT} rata-rata = 1,2
- γ_t range 14 – 18 kN/m^3 diambil 14 $\text{kN/m}^3 = 1,4 \text{ gr/cm}^3$.
- γ_{sat} dianggap sama dengan γ_t
- $\gamma_{sat} = 1,4 \text{ gr/cm}^3$ (korelasi Biarez & Favre) didapatkan nilai $e_0 = 3,29$; $C_v = 1,0 \cdot 10^{-4}$
- LL (dari $C_v = 1,0 \cdot 10^{-4}$)



Gambar 4.3 Langkah Korelasi Nilai LL dari nilai C_v

Didapatkan $LL = 120\%$

- IP (dari $LL = 120\%$)
Dari grafik Gambar 2.3 dipilih Line U untuk tanah jenis lempung sehingga persamaan mencari $IP = 0,9 (LL - 8) = 0,9 (120 - 8) = 100,8\%$
- $PL = LL - IP$
 $= 120 - 100,8$
 $= 19,2\%$
- $Cc = 0,006 LL + 0,13 e_o^2 - 0,13$
 $= 0,006 \cdot 120 + 0,13 \cdot 3,29^2 - 0,13$
 $= 1,284$
- $Cs = 0,002 LL + 0,02 e_o^2 - 0,05$
 $= 0,002 \cdot 120 + 0,02 \cdot 3,29^2 - 0,05$
 $= 0,168$
- $\phi = 0^\circ$ (tanah *cohesive*)
- $\Delta\sigma_f = 2 \text{ t/m}^2$

Nilai parameter untuk semua lapisan tanah dapat dilihat pada LAMPIRAN A.

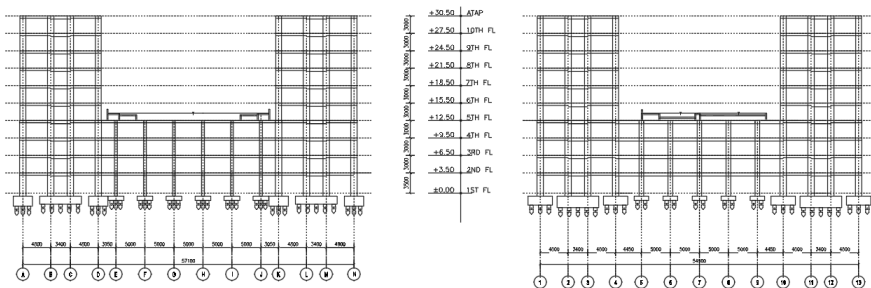
4.2 Struktur Atas

4.2.1 Perancangan dan Permodelan Struktur Atas

Rancangan struktur atas untuk Tugas Akhir ini didapat dari data proyek yang kemudian dimodifikasi, seperti yang dijelaskan pada Subbab 3.2.2 dan 3.2.4. Permodelan struktur bertujuan untuk mendapatkan reaksi perletakan yang nantinya akan digunakan sebagai beban untuk perencanaan pondasi. Modifikasi dari permodelan struktur dilakukan dengan mengurangi dimensi struktur sebenarnya dikarenakan pengurangan jumlah lantai.

Data perencanaan struktur :

- Tipe bangunan : Gedung apartemen 10 lantai
- Konfigurasi lantai : 4 lantai bawah (parkir) dan 6 lantai atas (apartemen)
- Lokasi bangunan : Wonorejo, Surabaya
- Tinggi total : 30,5 meter
- Tinggi per lantai : 3,5 m (lantai 1) dan 3 m (lantai 2-10)
- Luas bangunan : 57,1 x 54,9 m²
- Tipe struktur : Struktur beton SRPMK
- Mutu beton (f'_c) : 45 Mpa (kolom) dan 30 Mpa (balok/pelat)
- Mutu baja (f_y) : 400 Mpa



Gambar 4.4 Tampak Potongan Gedung Modifikasi

Persyaratan minimal dimensi elemen struktur sesuai SNI 2847-2013 dapat dilihat pada Subbab 2.4.

Rekapitulasi dimensi elemen struktur dapat dilihat pada Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Kolom yang Digunakan untuk Struktur Atas

Kode	Warna	Dimensi (mm)	Fungsi
K1	Merah	600 x 600	Kolom
K2	Hijau	550 x 550	Kolom
K3	Kuning	500 x 500	Kolom

Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok yang Digunakan untuk Struktur Atas

Kode	Warna	Dimensi (mm)	Fungsi
B1	Merah	400 x 600	Balok Induk
B2	Kuning	350 x 500	Balok Induk
BA	Biru	300 x 400	Balok Anak

Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi Pelat yang Digunakan untuk Struktur Atas

Kode	Thickness (cm)	Fungsi	Beban Mati (selain SW)	Beban Hidup (kg/m ²)
P0	20	Parkir+Base	294	400
P1	15	Parkir	294	400
P2	15	Apartemen	294	250
P3	15	Atap	294	100
P4	15	Taman	294	480

Konfigurasi struktur lengkap (denah kolom, balok, dan pelat) dapat dilihat pada LAMPIRAN B.

4.2.2 Pembebanan

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada ditentukan berdasarkan jenisnya, sesuai dengan berat elemen struktur, benda tak bergerak dalam bangunan, benda bergerak, dan beban lain. Berikut rekapitulasi pembebanan yang digunakan untuk struktur gedung ini.

a. Beban Mati

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m^3
- Beban mati tambahan
- *Finishing* lantai : 150 kg/m^2
- Dinding (batu bata ringan) : 108 kg/m^2
- Plafond : 11 kg/m^2
- *Plumbing ducting* : 25 kg/m^2

b. Beban Hidup

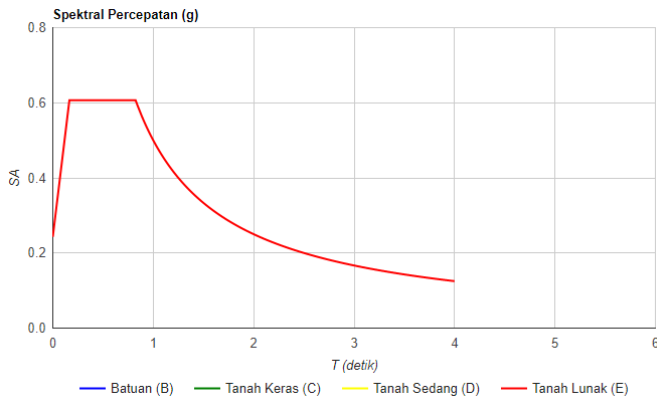
- Lantai parkir : 400 kg/m^2
- Lantai apartemen : 250 kg/m^2
- Lantai atap : 100 kg/m^2
- Lantai taman : 480 kg/m^2

c. Beban Angin

- Lokasi bangunan jauh dari laut (6,7 km) sehingga beban angin sebesar 25 kg/m^2 .

d. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan beban gempa menggunakan fungsi respon spektrum. Variabel-variabel gempa untuk lokasi banguna gedung yakni di Surabaya diambil dari website [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/) yang berdasarkan SNI 1726-2012. Hasil pencarian respon spektrum dan variabel-variabel gempa disajikan pada Gambar 4.5, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6.



Gambar 4.5 Respon Spektrum Tanah Lunak Kota Surabaya
(Sumber: *puskim.pu.go.id*, 2018)

Tabel 4.5 Variabel Respon Spektrum Tanah Lunak Kota Surabaya

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,228472
S_s (g)	0,464583
S_1 (g)	0,173611
C_{RS}	0,6875
C_{R1}	0,64375
F_{PGA}	1.112
F_A	1.361
F_V	2.999
PSA (g)	0,254167
S_{MS} (g)	0,632639
S_{M1} (g)	0,521528
S_{DS} (g)	0,421528
S_{D1} (g)	0,347222
T_0 (detik)	0,114583
T_s (detik)	0,572222

(Sumber: *puskim.pu.go.id*, 2018)

Tabel 4.6 Waktu Respon Spektrum Tanah Lunak Kota Surabaya

T (detik)	Sa (g)	T (detik)	Sa (g)
0	0,16875	$T_s+1.4$	0,149306
T_0	0,421528	$T_s+1.5$	0,143056
T_s	0,421528	$T_s+1.6$	0,1375
T_s+0	0,376389	$T_s+1.7$	0,132639
$T_s+0.1$	0,339583	$T_s+1.8$	0,127778
$T_s+0.2$	0,309028	$T_s+1.9$	0,122917
$T_s+0.3$	0,284028	T_s+2	0,11875
$T_s+0.4$	0,2625	$T_s+2.1$	0,114583
$T_s+0.5$	0,24375	$T_s+2.2$	0,111111
$T_s+0.6$	0,227778	$T_s+2.3$	0,107639
$T_s+0.7$	0,213889	$T_s+2.4$	0,104861
$T_s+0.8$	0,201389	$T_s+2.5$	0,101389
$T_s+0.9$	0,190278	$T_s+2.6$	0,098611
T_s+1	0,180556	$T_s+2.7$	0,095833
$T_s+1.1$	0,171528	$T_s+2.8$	0,093056
$T_s+1.2$	0,163889	$T_s+2.9$	0,090972
$T_s+1.3$	0,15625	T_s+3	0,088889
		4	0,086806

(Sumber: *puskim.pu.go.id*, 2018)

e. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai untuk perencanaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. $U = 1,4D$
2. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
3. $U = 1,2D + 1,6Lr + L$
4. $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5Lr$
5. $U = 1,2D + 1,0L + 1,0Ex$
6. $U = 1,2D + 1,0L + 1,0Ey$
7. $U = 1,2D + 1,0L - 1,0Ex$
8. $U = 1,2D + 1,0L - 1,0Ey$
9. $U = 0,9D + 1,0Ex$
10. $U = 0,9D + 1,0Ey$
11. $U = 0,9D - 1,0Ex$
12. $U = 0,9D - 1,0Ey$
13. $U = 1D + 1L$

(untuk struktur atas)

(untuk perhitungan pondasi)

4.3 Titik Jepit dan Konstanta Pegas Awal Tanah

4.3.1 Titik Jepit (Zf)

Sebelum dilakukan analisis struktur, perlu menghitung letak titik jepit (Zf) pada tiang pancang. Nilai titik jepit Zf ini dipakai untuk perencanaan pondasi metode konvensional (jepit) untuk menentukan letak titik pada tiang pancang yang mengalami penjepitan, dikarenakan pada kondisi aktualnya tumpuan jepit tiang pancang tidak terletak tepat di bagian atas tiang pancang tempat menempel struktur atas namun pada jarak tertentu di bawah permukaan tanah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik tanah yang berbeda sehingga menyebabkan letak titik jepit tiang pancang berbeda.

Perhitungan untuk mencari letak titik jepit tanah (ZF) adalah sebagai berikut.:

$$Z_f = 1,8T$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{E \cdot I}{nh}}$$

Dengan :

$$E = 4700 \sqrt{f'c}$$

Dipakai tiang pancang WIKA *spun pile* dengan mutu K-350 atau $f'c = 35 \text{ MPa}$, sehingga

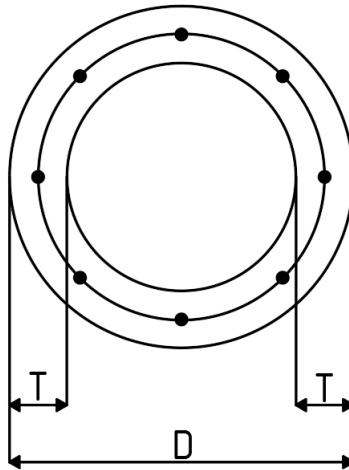
$$E = 4700 \sqrt{35}$$

$$= 27805,575 \text{ MPa}$$

$$= 27805575 \text{ kN/m}^2$$

$$I = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{64}$$

Dipakai tiang pancang diameter (D) 60 cm dengan ketebalan dinding (T) 10 cm sehingga didapatkan nilai D = 60 cm dan d = 40 cm (Gambar 4.6).



*

Gambar 4.6 Dimensi Penampang Tiang Pancang
(Sumber: Brosur WIKA Spun Pile)

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi (60^4 - 40^4)}{64} \\
 &= 510508,8 \text{ cm}^4 \\
 &= 0,005105 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

Tanah pada lokasi gedung berupa tanah kohesif yaitu lempung terkonsolidasi normal lunak, sesuai Tabel 2.6 berdasarkan penelitian Reese dan Matlock (1956) maka diambil nilai $n_h = 380 \text{ kN/m}^3$.

Sehingga :

$$T = \sqrt[5]{\frac{E \cdot I}{nh}}$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{27805575 \cdot 0,005105}{380}}$$

$$= 3,269 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8T$$

$$= 1,8 \cdot 3,269$$

$$= 5,89 \text{ m} \approx 5,9 \text{ m}$$

Jadi letak titik jepit berada pada jarak 5,9 m dari permukaan tanah atau sisi teratas tiang pancang (dengan asumsi sisi teratas tiang pancang tepat pada elevasi +0,00 m).

4.3.2 Konstanta Pegas Awal Tanah

Pada perencanaan pondasi metode *P-Z curve*, tumpuan untuk struktur atas diasumsikan sebagai perletakan pegas (spring). Dalam perencanaan pondasi dengan perletakan pegas, perlu dicari reaksi tanah pada tumpuan. Besarnya reaksi yang dapat didukung oleh tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan pegas elastis, tergantung dari besarnya gaya pegas dari tumpuan yang bersangkutan. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan elastis, kemampuan untuk mendukung beban tergantung dari nilai konstanta pegas dari tanah. Konstanta pegas (K) tanah untuk perletakan pegas awal didapat dari *load-settlement curve* yang didapat dari program AllPile. Nilai konstanta pegas awal berbeda-beda sesuai dengan kedalaman tiang pancang yang digunakan.

Perhitungan untuk mencari nilai konstanta pegas K akan dijelaskan pada Subbab 4.5.4 setelah didapatkan grafik *load-settlement curve* dari program AllPile.

4.4 Data Tiang Pancang yang Digunakan

Tiang Pancang yang digunakan untuk perencanaan pondasi pada Tugas Akhir ini adalah tiang pancang dari WIKA *spun pile* dengan diameter 60 cm. Data teknis WIKA *spun pile* disajikan pada Tabel 4.7. Brosur dari WIKA Beton dapat dilihat pada LAMPIRAN C.

Tabel 4.7 Data Teknis WIKA *Spun Pile* Diameter 60 cm

Outside Diameter (D)	Wall Thickness (T)	Class	Concrete Cross Section	Unit Weight	Length	Bending Moment		Allowable Axial Load
						Crack	Ultimate	
(mm)	(mm)		(cm ²)	(kg/m)	(m)	(ton.m)	(ton.m)	(ton)
600	100	A1	1571	393	6 s/d 16	17	25,5	252,7

Parameter bahan beton yang digunakan :

$$E = 4700 \sqrt{f'c}$$

Dipakai tiang pancang WIKA *spun pile* dengan mutu $f'c = 35$ MPa, sehingga

$$E = 4700 \sqrt{35}$$

$$= 27805,575 \text{ MPa}$$

$$= 27805575 \text{ kN/m}^2$$

$$I = \frac{\pi (60^4 - 40^4)}{64}$$

$$= 510508,8 \text{ cm}^4$$

$$= 0,005105 \text{ m}^4$$

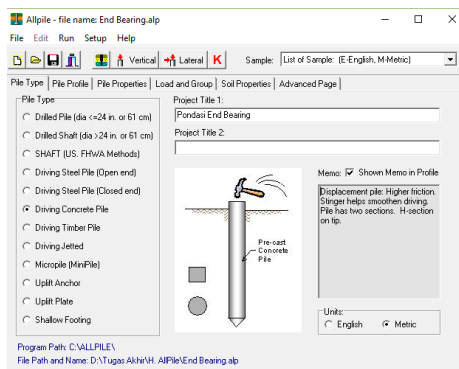
4.5 Analisis Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah pada perencanaan Tugas Akhir ini dihitung menggunakan program bantu AllPile. Program AllPile menghitung daya dukung tanah menggunakan metode NAVFAC DM 7.02. Alasan pemakaian program AllPile untuk perhitungan daya dukung tanah ini adalah agar tidak terjadi penyimpangan terhadap bentuk kurva *load-settlement* yang akan digunakan pada metode *P-Z curve*.

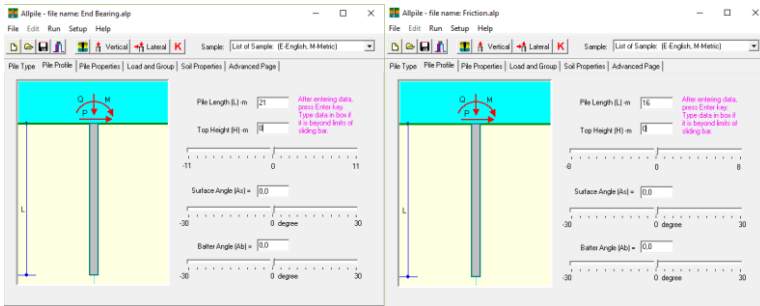
Parameter yang perlu dimasukkan ke dalam program adalah data tanah dan tiang pancang yang digunakan. Data tanah yang dimasukkan sesuai dengan parameter tiap lapisan tanah seperti yang ditunjukkan pada LAMPIRAN A. Sedangkan untuk data tiang pancang sesuai dengan perhitungan pada Subbab 4.4.

4.5.1 Input AllPile

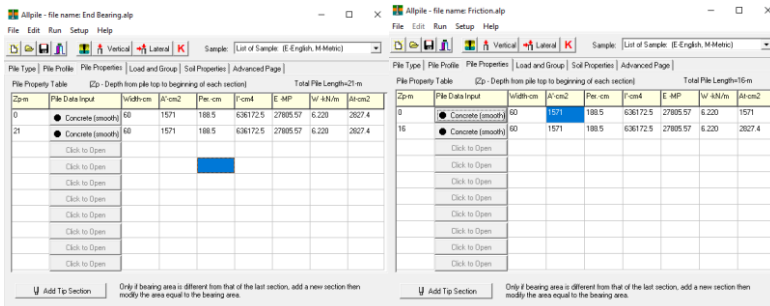
Input AllPile pada perencanaan ini dibagi menjadi 2 macam, yaitu *input* untuk pondasi *end bearing* dan *input* untuk pondasi *friction*. Data tanah dan data tiang pancang yang dipakai untuk kedua input tersebut sama sehingga menghasilkan nilai daya dukung tanah yang sama. Perbedaannya terletak pada kedalaman tiang pancang yang digunakan sehingga menghasilkan kurva *load-settlement* yang berbeda. Pada Gambar 4.7 s/d 4.14 disajikan *input* ke program AllPile.



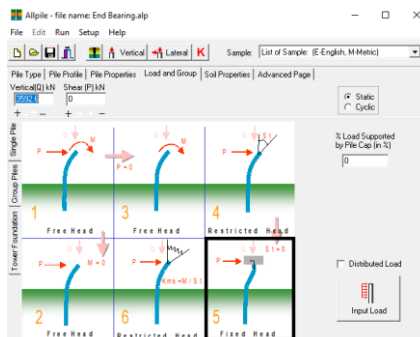
Gambar 4.7 Input AllPile : Pemilihan Satuan dan Jenis Pondasi



Gambar 4.8 Input AllPile : Kedalaman Tiang Pancang untuk *End Bearing* dan *Friction*



Gambar 4.9 Input AllPile : Parameter Tiang Pancang untuk *End Bearing* dan *Friction*



Gambar 4.10 Input AllPile : Tipe Kepala Tiang

Allpile - file name: End Bearing.alp

File Edit Run Setup Help

Vertical Lateral K Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

Pile Type | Pile Profile | Pile Properties | Load and Group | Soil Properties | Advanced Page

Soil Property Table Zg - Distance from ground to beginning of each layer Water Table (An additional layer is required at water table) 3 Surface Elevation (Optional input)

Zg-m	Soil Data Input	G-kN/m ³	Phi	C-kN/m ²	k-MN/m ³	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay	14.5	0	12	7.5	2.32	2	1
3	Soft Clay [w]	14	0	6	16	2	1	1
11	Stiff Clay [w]	16	0	30	20	0.70	14	2
16	Silt (Phi + C) [w]	19	30	115	28	0.70	21	3
18	Stiff Clay [w]	17	0	80	24	0.70	17	2
21	Sand/Gravel[w]	22	35	0	33	73	38	4
23	Sand/Gravel[w]	23.6	38	0	37	74	39	4
26	Stiff Clay [w]	19	0	90	26	0.5	17	2
	Click to Open							
	Click to Open							

Gambar 4.11 Input AllPile : Parameter Tanah

Allpile - file name: End Bearing.alp

File Edit Run Setup Help

Vertical Lateral K Sample: List of Sample: (E-English, M-Metric)

Pile Type | Pile Profile | Pile Properties | Load and Group | Soil Properties | Advanced Page

Zero Friction (Non-load zone) and Negative Friction (Downdrag force): Input Depth (Zg)

☐ Zero Friction from to ☐ Negative Friction from to Factor 1

☐ Zero Friction from to ☐ Negative Friction from to Factor 1

☐ Zero Tip Resistance ☒ Tip resistance based on stratum from pile tip extends to 10 times of pile diameter (10 recommended).

Analysis Parameters:

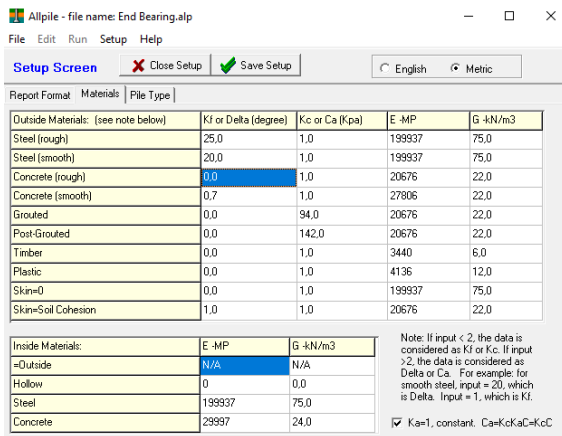
Parameters: Value [1]: Value [2]	Value [1]	Value [2]
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	3.0	3.0
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	3.0	3.0
Load Factor: [1] Vertical; [2] Lateral; P.M.T	1.0	1.0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m ² (No Limit: 9999)	143.0	2968.0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	0.0	0.0
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

Settlement Calculation

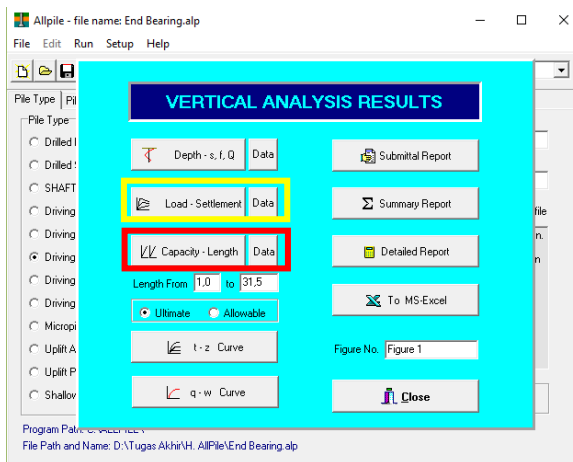
☒ Vesic Method ☐ Reese Method

Define p-y, t-z Output Points

Gambar 4.12 Input AllPile : Angka Keamanan SF dan Metode Settlement Vesic



Gambar 4.13 Input AllPile : Parameter Bahan Tiang Pancang



Gambar 4.14 Input AllPile : Analisis

Untuk melihat hasil analisis dapat dilihat jendela program pada Gambar 4.14. Nilai daya dukung tanah dapat dilihat dengan klik tombol pada kotak warna merah, sedangkan kurva *load-settlement* dapat dilihat dengan klik tombol pada kotak warna kuning.

4.5.2 Nilai Daya Dukung Tanah

Nilai daya dukung tanah yang dihasilkan berupa daya dukung tanah ultimate harus dibagi dengan faktor keamanan SF (*safety factor*)/ load rasio. Untuk perencanaan metode konvensional digunakan Q_{izin} dengan SF = 3. Sedangkan pada metode *P-Z curve* digunakan Q_{izin} dengan variasi 0,3 Q_{ult} , 0,5 Q_{ult} , 0,7 Q_{ult} , dan 0,9 Q_{ult} . Nilai daya dukung tanah untuk perencanaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.8. Nilai daya dukung yang digunakan untuk perencanaan pondasi *end bearing* pada kedalaman 21 meter ditunjukkan dengan warna hijau, sedangkan nilai daya dukung yang digunakan untuk perencanaan pondasi *friction* pada kedalaman 16 meter ditunjukkan dengan warna jingga.

Tabel 4.8 Nilai Daya Dukung Ultimate Tanah (Q_{ult}) dan Daya Dukung Izin Tanah (Q_{izin})

Depth (m)	Qtip (kN)	Qside (kN)	Qult (kN)	Konvensional	P-Z Curve			
				Qizin (SF=3) (kN)	Qizin 0,3 (kN)	Qizin 0,5 (kN)	Qizin 0,7 (kN)	Qizin 0,9 (kN)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	18,75	22,62	41,4	13,79	12,42	20,7	28,98	37,26
1,31	18,56	29,59	48,1	16,05	14,43	24,05	33,67	43,29
1,62	18,14	36,56	54,7	18,23	16,41	27,35	38,29	49,23
1,92	17,61	43,53	61,1	20,38	18,33	30,55	42,77	54,99
2,23	17,08	50,5	67,6	22,52	20,28	33,8	47,32	60,84
2,54	16,44	57,46	73,9	24,63	22,17	36,95	51,73	66,51
2,85	15,65	64,43	80,1	26,7	24,03	40,05	56,07	72,09
3,16	15,27	69,68	85	28,32	25,5	42,5	59,5	76,5
3,46	15,27	73,19	88,5	29,48	26,55	44,25	61,95	79,65
3,77	15,27	76,62	91,9	30,63	27,57	45,95	64,33	82,71
4,08	15,27	80,1	95,4	31,79	28,62	47,7	66,78	85,86
4,39	15,27	83,66	98,9	32,98	29,67	49,45	69,23	89,01
4,7	15,27	87,08	102,4	34,12	30,72	51,2	71,68	92,16
5,01	15,32	90,64	106	35,32	31,8	53	74,2	95,4
5,31	18,46	94,05	112,5	37,5	33,75	56,25	78,75	101,25
5,62	21,59	97,59	119,2	39,73	35,76	59,6	83,44	107,28
5,93	24,73	101,06	125,8	41,93	37,74	62,9	88,06	113,22
6,24	27,86	104,62	132,5	44,16	39,75	66,25	92,75	119,25
6,55	31	108	139	46,33	41,7	69,5	97,3	125,1
6,85	34,13	111,53	145,7	48,56	43,71	72,85	101,99	131,13
7,16	37,27	115,09	152,4	50,79	45,72	76,2	106,68	137,16
7,47	40,41	118,51	158,9	52,97	47,67	79,45	111,23	143,01
7,78	43,54	121,99	165,5	55,18	49,65	82,75	115,85	148,95

Tabel 4.8 Nilai Daya Dukung Ultimate Tanah (Q_{ult}) dan Daya Dukung Izin Tanah (Q_{izin}) (lanjutan)

Depth	Q _{tip}	Q _{side}	Q _{ult}	Konvensional	P-Z Curve			
				Q _{izin} (SF=3)	Q _{izin} 0,3	Q _{izin} 0,5	Q _{izin} 0,7	Q _{izin} 0,9
(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
8,09	46,68	125,54	172,2	57,41	51,66	86,1	120,54	154,98
8,39	49,81	128,99	178,8	59,6	53,64	89,4	125,16	160,92
8,7	52,95	132,54	185,5	61,83	55,65	92,75	129,85	166,95
9,01	56,09	136,01	192,1	64,03	57,63	96,05	134,47	172,89
9,32	59,22	139,39	198,6	66,2	59,58	99,3	139,02	178,74
9,63	62,36	142,91	205,3	68,42	61,59	102,65	143,71	184,77
9,93	65,49	146,36	211,9	70,62	63,57	105,95	148,33	190,71
10,24	95,26	149,97	245,2	81,74	73,56	122,6	171,64	220,68
10,55	133,46	153,28	286,7	95,58	86,01	143,35	200,69	258,03
10,86	173	156,77	329,8	109,93	98,94	164,9	230,86	296,82
11,17	212,4	167,55	379,9	126,65	113,97	189,95	265,93	341,91
11,47	252,02	184,65	436,7	145,56	131,01	218,35	305,69	393,03
11,78	293,22	202,7	495,9	165,31	148,77	247,95	347,13	446,31
12,09	325,01	220,06	545,1	181,69	163,53	272,55	381,57	490,59
12,4	331,25	237,19	568,4	189,48	170,52	284,2	397,88	511,56
12,71	338,09	254,9	593	197,66	177,9	296,5	415,1	533,7
13,02	344,69	272,27	617	205,65	185,1	308,5	431,9	555,3
13,32	351,07	289,9	641	213,66	192,3	320,5	448,7	576,9
13,63	357,66	306,8	664,5	221,48	199,35	332,25	465,15	598,05
13,94	364,07	324,47	688,5	229,51	206,55	344,25	481,95	619,65
14,25	370,71	341,34	712	237,35	213,6	356	498,4	640,8
14,56	377,17	358,27	735,4	245,15	220,62	367,7	514,78	661,86
14,86	383,49	375,97	759,5	253,15	227,85	379,75	531,65	683,55
15,17	401,79	394,08	795,9	265,29	238,77	397,95	557,13	716,31
15,48	429,1	411,2	840,3	280,1	252,09	420,15	588,21	756,27
15,79	456,93	428,69	885,6	295,21	265,68	442,8	619,92	797,04
16,1	472,73	459,18	931,9	310,64	279,57	465,95	652,33	838,71
16,4	462,24	547,67	1009,9	336,64	302,97	504,95	706,93	908,91
16,71	451,44	630,49	1081,9	360,64	324,57	540,95	757,33	973,71
17,02	440,59	708,71	1149,3	383,1	344,79	574,65	804,51	1034,37
17,33	433,01	797,14	1230,2	410,05	369,06	615,1	861,14	1107,18
17,64	425,11	878,75	1303,9	434,62	391,17	651,95	912,73	1173,51
17,94	417,17	964,74	1381,9	460,63	414,57	690,95	967,33	1243,71
18,25	435,8	1017,63	1453,4	484,48	436,02	726,7	1017,38	1308,06
18,56	458,71	1058,07	1516,8	505,59	455,04	758,4	1061,76	1365,12
18,87	482,73	1108,71	1591,4	530,48	477,42	795,7	1113,98	1432,26
19,18	547,1	1154,14	1701,2	567,08	510,36	850,6	1190,84	1531,08

Tabel 4.8 Nilai Daya Dukung Ultimate Tanah (Q_{ult}) dan Daya Dukung Izin Tanah (Q_{izin}) (lanjutan)

Depth	Qtip	Qside	Qult	Konvensional	P-Z Curve			
				Qizin (SF=3)	Qizin 0,3	Qizin 0,5	Qizin 0,7	Qizin 0,9
(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
19,48	720,94	1201,75	1922,7	640,9	576,81	961,35	1345,89	1730,43
19,79	839,17	1245,19	2084,4	694,79	625,32	1042,2	1459,08	1875,96
20,1	839,17	1289,4	2128,6	709,52	638,58	1064,3	1490,02	1915,74
20,41	839,17	1341,09	2180,3	726,75	654,09	1090,15	1526,21	1962,27
20,72	839,17	1386,92	2226,1	742,03	667,83	1113,05	1558,27	2003,49
21,03	839,17	1436,63	2275,8	758,6	682,74	1137,9	1593,06	2048,22
21,33	839,17	1476,8	2316	771,99	694,8	1158	1621,2	2084,4
21,64	680,84	1526,73	2207,6	735,86	662,28	1103,8	1545,32	1986,84
21,95	533,13	1566,04	2099,2	699,72	629,76	1049,6	1469,44	1889,28
22,26	494,11	1608,56	2102,7	700,89	630,81	1051,35	1471,89	1892,43
22,57	473,86	1654,61	2128,5	709,49	638,55	1064,25	1489,95	1915,65
22,87	453,75	1688,1	2141,8	713,95	642,54	1070,9	1499,26	1927,62
23,18	433,2	1737,98	2171,2	723,73	651,36	1085,6	1519,84	1954,08
23,49	410,11	1789,72	2199,8	733,28	659,94	1099,9	1539,86	1979,82
23,8	388,19	1832,73	2220,9	740,31	666,27	1110,45	1554,63	1998,81
24,11	366,16	1876,86	2243	747,67	672,9	1121,5	1570,1	2018,7
24,41	343,96	1921,34	2265,3	755,1	679,59	1132,65	1585,71	2038,77
24,72	321,6	1979,57	2301,2	767,06	690,36	1150,6	1610,84	2071,08
25,03	299,28	2024,95	2324,2	774,75	697,26	1162,1	1626,94	2091,78
25,34	276,95	2066,52	2343,5	781,16	703,05	1171,75	1640,45	2109,15
25,65	254,59	2115,14	2369,7	789,91	710,91	1184,85	1658,79	2132,73
25,95	232,3	2166,77	2399,1	799,69	719,73	1199,55	1679,37	2159,19
26,26	229,02	2212,96	2442	813,99	732,6	1221	1709,4	2197,8
26,57	229,02	2271,14	2500,2	833,39	750,06	1250,1	1750,14	2250,18
26,88	229,02	2314,71	2543,7	847,91	763,11	1271,85	1780,59	2289,33
27,19	229,02	2376,53	2605,5	868,51	781,65	1302,75	1823,85	2344,95
27,49	229,02	2421,33	2650,3	883,45	795,09	1325,15	1855,21	2385,27
27,8	229,02	2475,29	2704,3	901,43	811,29	1352,15	1893,01	2433,87
28,11	229,02	2523,6	2752,6	917,54	825,78	1376,3	1926,82	2477,34
28,42	229,02	2587,11	2816,1	938,71	844,83	1408,05	1971,27	2534,49
28,73	229,02	2636,14	2865,2	955,05	859,56	1432,6	2005,64	2578,68
29,04	229,02	2691,56	2920,6	973,53	876,18	1460,3	2044,42	2628,54
29,34	229,02	2735,33	2964,3	988,12	889,29	1482,15	2075,01	2667,87
29,65	229,02	2780,29	3009,3	1003,1	902,79	1504,65	2106,51	2708,37
29,96	229,02	2835,69	3064,7	1021,57	919,41	1532,35	2145,29	2758,23
30,27	229,02	2893,98	3123	1041	936,9	1561,5	2186,1	2810,7

4.5.3 Kontrol Kekuatan Aksial Tiang Pancang

Dari nilai daya dukung izin pada Subbab 4.5.2, maka perlu dikontrol kekuatan aksial dari tiang pancang yang dipilih pada Subbab 4.4. Kontrol kekuatan aksial dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{\text{allowable}} \geq Q_{\text{izin}}$$

Nilai $P_{\text{allowable}}$ untuk tiang pancang yang dipilih adalah 2527 kN. Kontrol untuk masing-masing Q_{izin} disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kontrol Kekuatan Aksial Tiang Pancang terhadap Q_{izin}
Masing-masing Metode Perencanaan

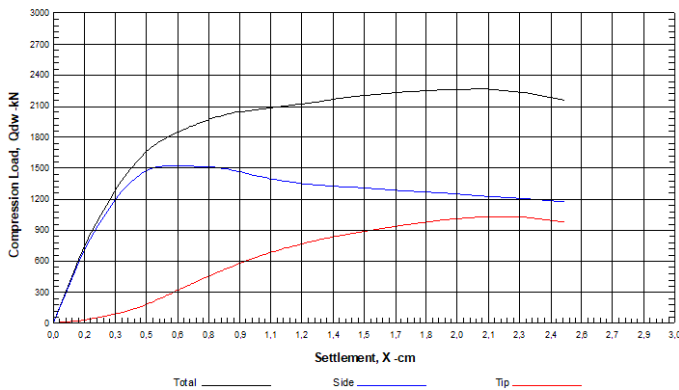
Metode	Q_{izin} (kN)	$P_{\text{allowable}}$ (kN)	Kontrol
Konvensional End Bearing	758,6	2527	OK
Konvensional Friction	310,64	2527	OK
P-Z Curve End Bearing 0,3 Ult	682,74	2527	OK
P-Z Curve End Bearing 0,5 Ult	1137,9	2527	OK
P-Z Curve End Bearing 0,7 Ult	1593,06	2527	OK
P-Z Curve End Bearing 0,9 Ult	2048,22	2527	OK
P-Z Curve Friction 0,3 Ult	279,57	2527	OK
P-Z Curve Friction 0,5 Ult	465,95	2527	OK
P-Z Curve Friction 0,7 Ult	652,33	2527	OK
P-Z Curve Friction 0,9 Ult	838,71	2527	OK

Dari Tabel 4.9, tiang pancang yang dipilih telah memenuhi persyaratan daya dukung izin untuk perencanaan pondasi pada Tugas Akhir ini.

4.5.4 Perhitungan Konstanta Pegas Awal

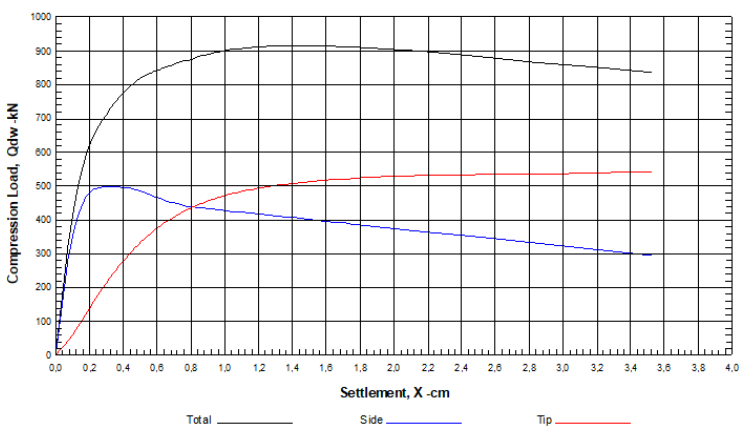
Dari analisis program AllPile, didapatkan output berupa grafik *load-settlement*. Setelah itu dilakukan perhitungan guna mendapatkan nilai konstanta pegas awal untuk perletakan pegas (pada pondasi metode *P-Z curve*). Nilai konstanta pegas dibedakan untuk pondasi jenis *end bearing* dan *friction*. Untuk pondasi *end bearing* (kedalaman pondasi 21 meter) digunakan grafik pada Gambar 4.15 dan pondasi *friction* (kedalaman pondasi 16 meter) digunakan grafik pada Gambar 4.16.

Vertical Load vs. Settlement



Gambar 4.15 Grafik *Load-Settlement Curve* untuk Pondasi *End Bearing*

Vertical Load vs. Settlement



Gambar 4.16 Grafik *Load-Settlement Curve* untuk Pondasi *Friction*

Perhitungan konstanta pegas awal dicari dengan plot grafik gaya (P) terbesar dan jumlah asumsi tiang pancang grup terkecil yaitu 2 buah tiang pancang. Langkah perhitungan konstanta pegas awal adalah sebagai berikut ini :

Konstanta pegas awal pondasi *end bearing*

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 2265 \text{ kN} \\
 \delta &= 2,09 \text{ cm} \\
 K &= \frac{P}{\delta} \\
 &= \frac{2265}{2,09} \\
 &= 1083,73 \text{ kN/cm} \\
 &= 108373 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Asumsi jumlah tiang (n) = 2

$$\begin{aligned}
 K \times n &= 108373 \times 2 \\
 &= 21746 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Konstanta pegas awal pondasi *friction*

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 915,43 \text{ kN} \\
 \delta &= 1,53 \text{ cm} \\
 K &= \frac{P}{\delta} \\
 &= \frac{915,43}{1,53} \\
 &= 598,32 \text{ kN/cm} \\
 &= 59832 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Asumsi jumlah tiang (n) = 2

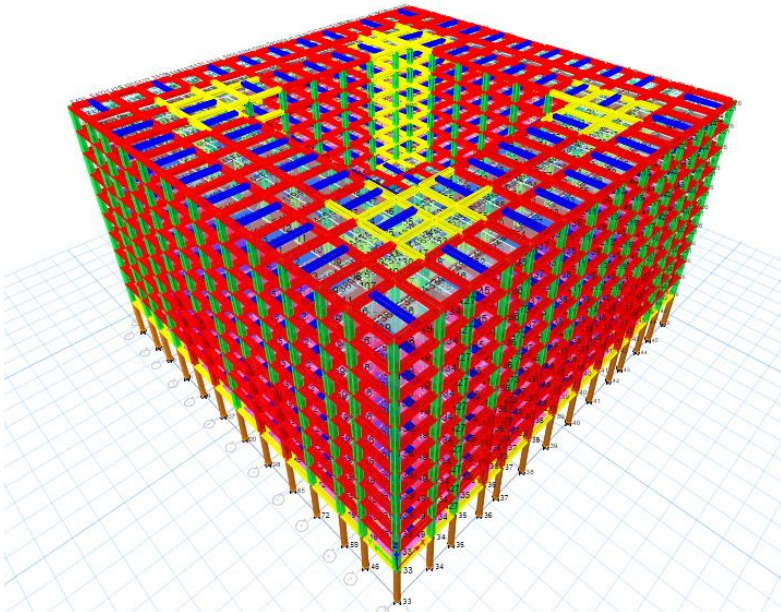
$$\begin{aligned}
 K \times n &= 59832 \times 2 \\
 &= 119664 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

4.6 Analisis Struktur

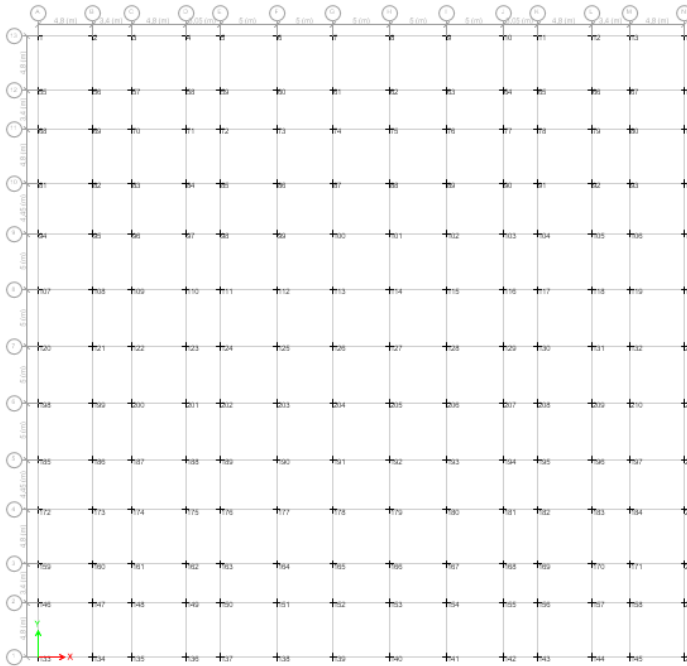
Setelah mendapatkan dimensi struktur pelat, balok, dan kolom serta pembebanan untuk struktur, maka dilakukan analisis struktur dengan menggunakan program bantu ETABS. Analisis struktur ini bertujuan untuk cek kondisi struktur dan untuk mendapatkan reaksi perletakan struktur. Titik tumpuan untuk perletakan struktur pada gedung ini berjumlah 182 titik.

4.6.1 Koordinat Perletakan Struktur

Dari hasil input model struktur gedung (Gambar 4.17), program ETABS akan menentukan penomoran label perletakan (*joint label*) seperti disajikan pada Gambar 4.18 (gambar detail label perletakan dapat dilihat pada denah label perletakan LAMPIRAN B).



Gambar 4.17 Tampak 3 Dimensi Model Struktur Gedung



Gambar 4.18 Denah dan Label Titik Perletakan Struktur Gedung

Penomoran label perletakan yang dihasilkan dari ETABS bersifat acak. Untuk mempermudah dalam perhitungan dan cek nilai hasil perhitungan seperti reaksi perletakan, jumlah tiang, konstanta pegas, dan sebagainya, maka dibuat tabel label perletakan sesuai sumbu koordinatnya. Dari Gambar 4.18 dibuat tabel berisi label perletakan sesuai sumbu posisi perletakan tersebut (Tabel 4.10). Tabel ini akan digunakan acuan untuk menampilkan hasil perhitungan pada perletakan pada pembahasan selanjutnya.

Tabel 4.10 Label Perletakan sesuai Sumbu Koordinat pada ETABS

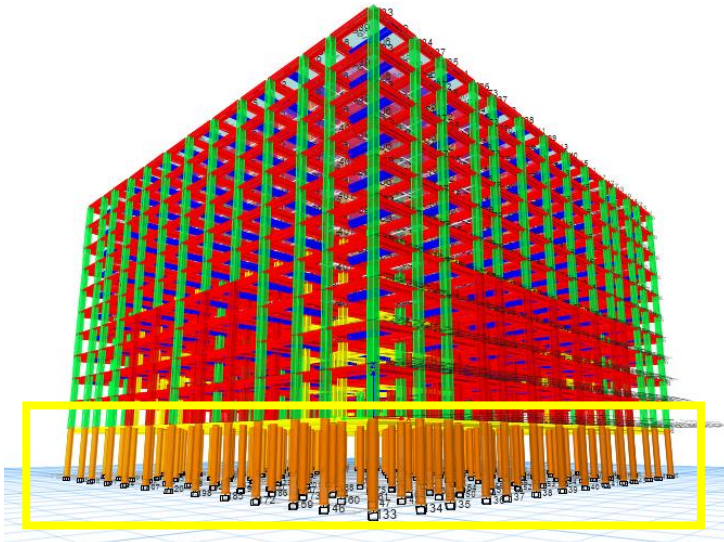
AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	26
2	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	25
3	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	24
4	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	23
5	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	22
6	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	21
7	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	20
8	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	19
9	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	18
10	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	17
11	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	16
12	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	15
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

4.6.2 Input Perletakan Struktur

Pada perencanaan Tugas Akhir ini, poin penting yang harus diperhatikan adalah jenis perletakan struktur.

Pada metode konvensional perletakan struktur berupa jepit (*fixed joint*) dimana perletakan struktur tidak mengalami translasi maupun rotasi, sehingga reaksi perletakan menghasilkan reaksi arah vertikal, horizontal, dan momen. Di sisi lain, perletakan jepit ini menghasilkan translasi dan rotasi nol sehingga struktur gedung diasumsikan tidak mengalami *displacement* baik arah vertikal maupun horizontal.

Pada saat input model struktur dengan perletakan jepit, perlu dimasukkan elemen tiang pancang sampai kedalaman titik jepit. Dari perhitungan titik jepit Z_f pada Subbab 4.3.1, didapat $Z_f = 5,9$ m. Pada ETABS panjang titik jepit ini digambarkan dengan elemen tiang pancang (warna jingga pada Gambar 4.19) lalu dimodelkan perletakan jepit (*input fixed restarint*) dibawahnya.

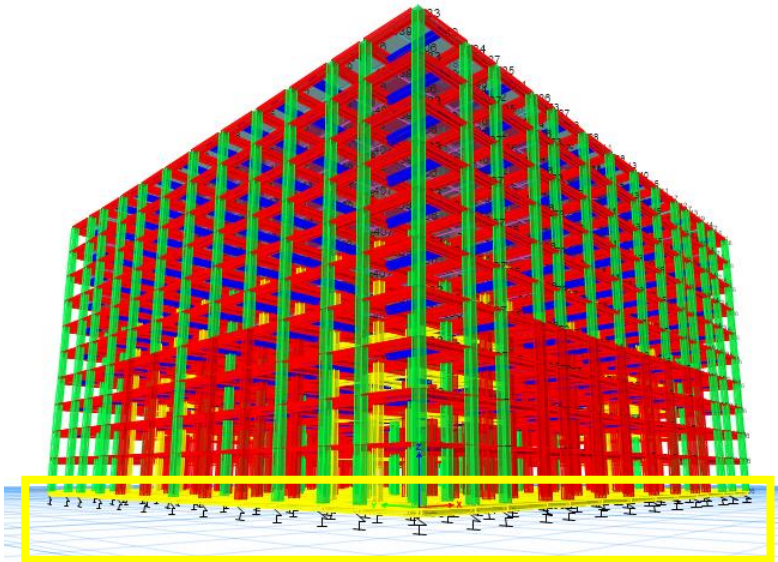


Gambar 4.19 Model Struktur dengan Perletakan Jepit (*Fixed*)

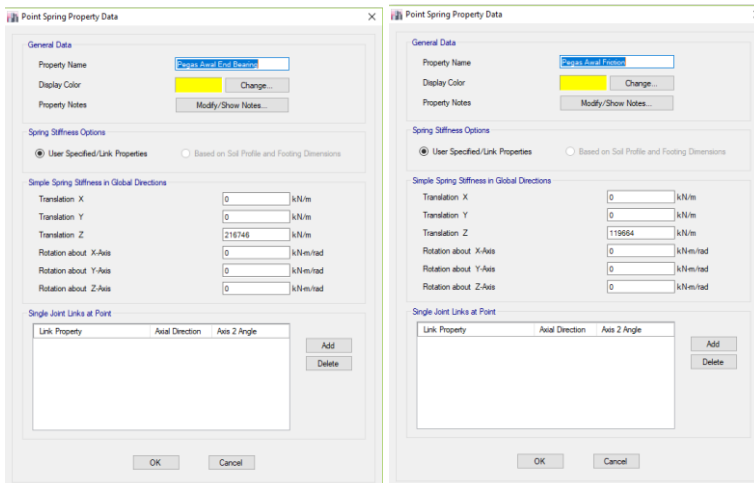
Pada metode *P-Z curve* perletakan struktur berupa pegas (*spring joint*) dimana perletakan struktur dianggap elastis, dimana faktor *displacement* pada perletakan diperhitungkan. Hal ini disebabkan karena secara aktual, tanah lunak selalu mengalami *displacement* jika dibebani. Pada Tugas Akhir ini, *displacement* yang diperhitungkan hanya pada arah vertikal (penurunan tanah). Hal ini menyebabkan reaksi yang terjadi pada perletakan pegas hanya reaksi vertikal, sedangkan reaksi horizontal dan momen bernilai nol. Pada ETABS, fungsi yang dipakai adalah fungsi *point spring* dimana satu titik perletakan dimasukkan satu *spring* (Gambar 4.20)

Besarnya penurunan pada perletakan pegas sesuai dengan jenis tanah dan besarnya beban struktur atas. Nilai koefisien untuk perletakan pegas awal yang digunakan adalah 21746 kN/m untuk pondasi *end bearing* dan 119664 kN/m untuk pondasi *friction*.

Pada tahap awal besarnya penurunan tanah yang terjadi (*immediate settlement*) diambil dari hasil analisis struktur dengan konstanta pegas awal dari Subbab 4.5.4 yang dimasukkan ke semua perletakan pegas dan bernilai sama (Gambar 4.21). Dengan demikian dianggap reaksi tanah terhadap struktur atas pada semua perletakan memiliki nilai yang hampir sama dan tidak berbeda jauh (distribusi beban hampir merata).



Gambar 4.20 Model Struktur dengan Perletakan Pegas (*Spring*)



Gambar 4.21 *Input Nilai Konstanta Pegas ke ETABS*

4.6.3 Analisis dan Kontrol Struktur Atas

Dari permodelan struktur dan input perletakan untuk masing-masing metode perencanaan pondasi, maka dilakukan analisis struktur menggunakan ETABS. Setelah itu dilakukan kontrol apakah konfigurasi struktur dapat digunakan dengan cek persyaratan beton pada ETABS. Setelah dilakukan cek persyaratan beton, konfigurasi struktur yang digunakan pada Tugas Akhir ini memenuhi persyaratan yaitu penampang beton bewarna abu-abu untuk balok dan merah muda untuk kolom. Gambar detail hasil analisis persyaratan penampang dan konfigurasi struktur beton yang dipakai dapat dilihat pada LAMPIRAN B. Setelah itu dicari nilai reaksi perletakan dan *displacement* untuk perencanaan pondasi.

BAB V

PERENCANAAN PONDASI METODE KONVENSIONAL

5.1 Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan untuk metode konvensional diambil dari permodelan struktur dengan perletakan jepit. Reaksi perletakan yang diambil untuk perencanaan merupakan reaksi dari kombinasi beban tidak berfaktor 1D + 1L. Nilai reaksi perletakan untuk masing-masing titik perletakan yang dianalisis menggunakan ETABS disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Jepit

Titik Perletakan	Joint Label	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
A1	133	2,9318	3,0108	1185,02	-6,0203	5,8652	0,0047
A2	146	4,4092	-0,899	1501,622	1,6474	8,7494	0,006
A3	159	4,3415	1,3309	1568,146	-2,6984	8,6112	-0,0006
A4	172	4,6952	-0,1246	1709,686	0,1726	9,2955	0,0071
A5	185	4,1766	0,6008	1813,448	-1,2252	8,2823	-0,0015
A6	198	4,306	-0,0666	1863,935	0,1059	8,529	0,0039
A7	120	5,0617	8,97E-07	1790,41	-5,1E-06	9,9946	0
A8	107	4,306	0,0666	1863,935	-0,1059	8,529	-0,0039
A9	94	4,1766	-0,6008	1813,448	1,2252	8,2823	0,0015
A10	81	4,6952	0,1246	1709,685	-0,1726	9,2955	-0,0071
A11	68	4,3415	-1,3309	1568,136	2,6983	8,6112	0,0006
A12	55	4,4092	0,8989	1501,633	-1,6472	8,7493	-0,006
A13	1	2,9319	-3,0106	1185,006	6,0199	5,8653	-0,0047
B1	134	-0,9313	4,5263	1484,207	-8,9869	-1,7142	-0,0024
B2	147	-1,5385	-1,6954	1914,892	3,2009	-2,9043	0,0024
B3	160	-1,9815	1,8725	1854,912	-3,7576	-3,7727	0,0036
B4	173	-2,1606	-0,1608	2027,016	0,2398	-4,1315	0,0035
B5	186	-1,6336	0,9676	2278,049	-1,9456	-3,1126	0,004
B6	199	-1,5223	-0,0876	2328,081	0,1439	-2,9018	0,0022
B7	121	-1,8087	9,6E-07	2272,466	-4,7E-06	-3,4638	0
B8	108	-1,5223	0,0876	2328,081	-0,1439	-2,9018	-0,0022
B9	95	-1,6336	-0,9676	2278,05	1,9455	-3,1126	-0,004
B10	82	-2,1606	0,1609	2027,018	-0,2399	-4,1315	-0,0035
B11	69	-1,9815	-1,8725	1854,924	3,7577	-3,7726	-0,0036
B12	56	-1,5385	1,6954	1914,885	-3,2011	-2,9043	-0,0024

Tabel 5.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Jepit (lanjutan)

Perletaka n	Joint Label	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
B13	2	-0,9313	-4,5265	1484,214	8,9873	-1,7141	0,0024
C1	135	1,3057	4,526	1507,669	-8,987	2,6461	0,0057
C2	148	1,8525	-1,7164	1928,974	3,2411	3,71	0,0026
C3	161	2,2132	1,849	1855,875	-3,7123	4,4074	0,0032
C4	174	2,2734	-0,2824	2024,734	0,477	4,5154	0,0034
C5	187	1,6032	1,0509	2187,664	-2,1077	3,1978	0,0019
C6	200	1,6216	-0,0135	2339,498	-0,0008	3,2278	0,0013
C7	122	1,8544	8,56E-07	2278,122	-4,2E-06	3,6791	0
C8	109	1,6216	0,0135	2339,498	0,0008	3,2278	-0,0013
C9	96	1,6032	-1,0509	2187,664	2,1077	3,1978	-0,0019
C10	83	2,2734	0,2824	2024,736	-0,4771	4,5154	-0,0034
C11	70	2,2131	-1,8491	1855,888	3,7124	4,4074	-0,0032
C12	57	1,8525	1,7165	1928,978	-3,2413	3,71	-0,0026
C13	3	1,3056	-4,5262	1507,664	8,9874	2,646	-0,0057
D1	136	-0,9397	3,6865	1545,833	-7,3537	-1,767	-0,0071
D2	149	-1,5616	-1,2476	1906,811	2,3246	-2,9861	0,0025
D3	162	-1,6128	1,5169	1914,212	-3,0653	-3,0903	0,0021
D4	175	-2,0538	-0,593	1979,357	1,0876	-3,9643	0,0023
D5	188	-3,1207	0,6072	1804,25	-1,2379	-6,0622	0,0034
D6	201	-3,0187	0,0328	1954,445	-0,0898	-5,8755	0,001
D7	123	-3,2941	8,43E-07	1877,921	-3,6E-06	-6,4108	0
D8	110	-3,0187	-0,0328	1954,445	0,0898	-5,8755	-0,001
D9	97	-3,1207	-0,6072	1804,25	1,2379	-6,0622	-0,0034
D10	84	-2,0538	0,593	1979,356	-1,0876	-3,9643	-0,0023
D11	71	-1,6128	-1,5169	1914,199	3,0652	-3,0903	-0,0021
D12	58	-1,5616	1,2475	1906,805	-2,3244	-2,9862	-0,0025
D13	4	-0,9397	-3,6863	1545,843	7,3534	-1,767	0,0071
E1	137	1,3492	3,7326	1568,051	-7,4438	2,7037	0,0102
E2	150	2,0149	-1,2729	1931,615	2,3747	4,0023	0,0001
E3	163	2,0446	1,4875	1924,365	-3,0058	4,0554	0,0026
E4	176	1,8446	-0,9585	1857,016	1,805	3,6544	0,0031
E5	189	1,5063	0,2395	1363,401	-0,517	2,9774	0,0022
E6	202	1,2486	0,0543	1403,246	-0,1311	2,4651	0,0008
E7	124	1,4926	2,97E-06	1424,597	-7,4E-06	2,9417	0
E8	111	1,2486	-0,0543	1403,246	0,1311	2,4651	-0,0008
E9	98	1,5063	-0,2395	1363,4	0,517	2,9774	-0,0022
E10	85	1,8446	0,9585	1857,015	-1,8049	3,6544	-0,0031
E11	72	2,0446	-1,4874	1924,352	3,0057	4,0554	-0,0026
E12	59	2,0149	1,2728	1931,606	-2,3745	4,0023	-0,0001

Tabel 5.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Jepit (lanjutan)

Titik Perletakan	Joint Label	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
E13	5	1,3492	-3,7324	1568,063	7,4435	2,7037	-0,0102
F1	138	0,095	4,326	1806,641	-8,6052	0,226	0,0005
F2	151	0,1154	-1,4146	2261,309	2,6534	0,265	0,0001
F3	164	0,1246	1,6943	2308,956	-3,4081	0,2804	0,0013
F4	177	0,0691	-1,2364	2140,918	2,3543	0,1654	0,0016
F5	190	-0,0454	0,1628	1458,774	-0,362	-0,0661	0,0014
F6	203	-0,0777	0,0335	1462,398	-0,0887	-0,1343	0,0005
F7	125	-0,1096	2,65E-05	1487,777	-0,0001	-0,1977	0
F8	112	-0,0778	-0,0335	1462,409	0,0888	-0,1343	-0,0005
F9	99	-0,0454	-0,1628	1458,769	0,362	-0,0661	-0,0014
F10	86	0,0691	1,2364	2140,927	-2,3543	0,1654	-0,0016
F11	73	0,1246	-1,6943	2308,964	3,4081	0,2804	-0,0013
F12	60	0,1154	1,4146	2261,312	-2,6535	0,2651	-0,0001
F13	6	0,095	-4,3261	1806,635	8,6054	0,226	-0,0005
G1	139	0,0438	4,3307	1845,046	-8,6131	0,0989	-0,0002
G2	152	0,0477	-1,4373	2307,035	2,6994	0,1062	1,62E-05
G3	165	0,0353	1,6898	2332,429	-3,3975	0,0809	0,0003
G4	178	0,0534	-1,2523	2192,07	2,3871	0,1143	0,0005
G5	191	0,0528	0,1261	1489,579	-0,2886	0,1109	0,0005
G6	204	0,0494	0,0171	1488,386	-0,0557	0,1027	0,0002
G7	126	0,0385	-2,8E-05	1495,193	0,0001	0,0807	0
G8	113	0,0494	-0,0171	1488,374	0,0557	0,1026	-0,0002
G9	100	0,0528	-0,1261	1489,585	0,2886	0,1109	-0,0005
G10	87	0,0534	1,2523	2192,065	-2,3871	0,1143	-0,0005
G11	74	0,0353	-1,6898	2332,433	3,3976	0,0809	-0,0003
G12	61	0,0477	1,4373	2307,035	-2,6994	0,1062	-1,7E-05
G13	7	0,0438	-4,3307	1845,043	8,6132	0,0989	0,0002
H1	140	-0,0437	4,3309	1845,073	-8,6135	-0,0985	0,0003
H2	153	-0,0472	-1,4373	2307,098	2,6995	-0,1052	1,64E-05
H3	166	-0,0349	1,69	2332,445	-3,3979	-0,0802	-0,0003
H4	179	-0,0531	-1,2526	2192,09	2,3877	-0,1139	-0,0005
H5	192	-0,0549	0,1259	1489,512	-0,2882	-0,1152	-0,0004
H6	205	-0,0498	0,0174	1488,344	-0,0563	-0,1035	-0,0002
H7	127	-0,039	-2,7E-05	1495,14	0,0001	-0,0819	0
H8	114	-0,0498	-0,0173	1488,334	0,0562	-0,1034	0,0002
H9	101	-0,0549	-0,1259	1489,524	0,2882	-0,1151	0,0004
H10	88	-0,0531	1,2527	2192,098	-2,3877	-0,1138	0,0005
H11	75	-0,035	-1,69	2332,44	3,398	-0,0804	0,0003
H12	62	-0,0472	1,4374	2307,088	-2,6996	-0,1052	-1,7E-05

Tabel 5.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Jepit (lanjutan)

Titik Perletakan	Joint Label	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
H13	8	-0,0437	-4,3309	1845,068	8,6136	-0,0986	-0,0003
I1	141	-0,0949	4,327	1806,747	-8,6074	-0,2259	-0,0005
I2	154	-0,1164	-1,416	2261,986	2,656	-0,2669	-0,0001
I3	167	-0,1251	1,6965	2309,156	-3,4126	-0,2813	-0,0013
I4	180	-0,0682	-1,2417	2141,541	2,3645	-0,1637	-0,0015
I5	193	0,0494	0,1589	1456,994	-0,3546	0,0739	-0,0014
I6	206	0,0798	0,0361	1462,747	-0,0938	0,1382	-0,0005
I7	128	0,1116	4,06E-05	1487,549	-0,0001	0,2015	0
I8	115	0,0798	-0,0361	1462,77	0,0938	0,1382	0,0005
I9	102	0,0494	-0,1589	1457,033	0,3546	0,0737	0,0014
I10	89	-0,0683	1,2417	2141,622	-2,3644	-0,1639	0,0015
I11	76	-0,1249	-1,6964	2309,072	3,4124	-0,2809	0,0013
I12	63	-0,1163	1,4161	2261,942	-2,6561	-0,2668	0,0001
I13	9	-0,0949	-4,3271	1806,736	8,6075	-0,2259	0,0005
J1	142	-1,3493	3,7336	1568,133	-7,4459	-2,704	-0,0102
J2	155	-2,0145	-1,2746	1932,206	2,3778	-4,0016	-0,0001
J3	168	-2,045	1,4895	1924,315	-3,0099	-4,0562	-0,0026
J4	181	-1,8464	-0,964	1857,661	1,8154	-3,658	-0,0032
J5	194	-1,5085	0,2352	1361,646	-0,5088	-2,9817	-0,0022
J6	207	-1,2506	0,0568	1403,582	-0,1361	-2,4692	-0,0008
J7	129	-1,4944	-1,1E-05	1424,329	2,2E-05	-2,9452	0
J8	116	-1,2507	-0,0568	1403,571	0,1361	-2,4692	0,0008
J9	103	-1,5086	-0,2352	1361,606	0,5087	-2,9818	0,0022
J10	90	-1,8464	0,964	1857,586	-1,8154	-3,658	0,0032
J11	77	-2,0449	-1,4896	1924,401	3,01	-4,056	0,0026
J12	64	-2,0145	1,2744	1932,232	-2,3775	-4,0016	0,0001
J13	10	-1,3493	-3,7335	1568,148	7,4457	-2,704	0,0102
K1	143	0,9395	3,6869	1545,888	-7,3546	1,7666	0,0071
K2	156	1,5607	-1,2478	1906,963	2,3249	2,9842	-0,0025
K3	169	1,6129	1,5172	1914,198	-3,0659	3,0904	-0,0021
K4	182	2,0531	-0,5934	1979,398	1,0882	3,963	-0,0024
K5	195	3,125	0,6069	1804,144	-1,2374	6,0707	-0,0034
K6	208	3,0192	0,0332	1954,511	-0,0908	5,8763	-0,001
K7	130	3,2951	-3,4E-06	1877,883	8,19E-06	6,4127	0
K8	117	3,0192	-0,0332	1954,508	0,0908	5,8764	0,001
K9	104	3,1251	-0,6069	1804,134	1,2374	6,0708	0,0034
K10	91	2,0533	0,5934	1979,371	-1,0883	3,9632	0,0024
K11	78	1,6127	-1,5171	1914,209	3,0658	3,09	0,0021
K12	65	1,5606	1,2477	1906,975	-2,3246	2,9841	0,0025
K13	11	0,9395	-3,6867	1545,9	7,3543	1,7666	-0,0071

Tabel 5.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Jepit (lanjutan)

Titik Perletakan	Joint Label	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
L1	144	-1,3058	4,5261	1507,677	-8,9873	-2,6464	-0,0057
L2	157	-1,8526	-1,7164	1928,979	3,241	-3,7102	-0,0026
L3	170	-2,2133	1,8492	1855,856	-3,7127	-4,4077	-0,0032
L4	183	-2,2737	-0,2824	2024,827	0,477	-4,5159	-0,0034
L5	196	-1,6033	1,0507	2187,645	-2,1075	-3,1981	-0,002
L6	209	-1,6218	-0,0134	2339,469	-0,001	-3,2282	-0,0013
L7	131	-1,8545	0	2278,137	2,28E-06	-3,6793	0
L8	118	-1,6218	0,0134	2339,469	0,001	-3,2282	0,0013
L9	105	-1,6033	-1,0507	2187,644	2,1075	-3,1981	0,002
L10	92	-2,2736	0,2824	2024,826	-0,4771	-4,5159	0,0034
L11	79	-2,2133	-1,8492	1855,87	3,7128	-4,4076	0,0032
L12	66	-1,8526	1,7164	1928,984	-3,2412	-3,7103	0,0026
L13	12	-1,3057	-4,5263	1507,674	8,9877	-2,6463	0,0057
M1	145	0,9312	4,5264	1484,207	-8,9871	1,7139	0,0024
M2	158	1,5385	-1,6953	1914,898	3,2007	2,9041	-0,0024
M3	171	1,9815	1,8725	1854,931	-3,7577	3,7726	-0,0036
M4	184	2,1605	-0,1608	2027,009	0,2397	4,1313	-0,0035
M5	197	1,6336	0,9677	2278,047	-1,9457	3,1126	-0,004
M6	210	1,5222	-0,0876	2328,078	0,1439	2,9018	-0,0022
M7	132	1,8087	0	2272,445	2,22E-06	3,4638	0
M8	119	1,5222	0,0876	2328,078	-0,1439	2,9018	0,0022
M9	106	1,6336	-0,9677	2278,046	1,9457	3,1126	0,004
M10	93	2,1605	0,1608	2027,011	-0,2397	4,1313	0,0035
M11	80	1,9815	-1,8726	1854,942	3,7578	3,7726	0,0036
M12	67	1,5385	1,6954	1914,891	-3,2009	2,9041	0,0024
M13	13	0,9312	-4,5266	1484,215	8,9875	1,7138	-0,0024
N1	26	-2,9319	3,0109	1185,018	-6,0204	-5,8654	-0,0047
N2	25	-4,4093	-0,899	1501,622	1,6473	-8,7496	-0,006
N3	24	-4,3415	1,331	1568,146	-2,6985	-8,6113	0,0006
N4	23	-4,6953	-0,1246	1709,696	0,1726	-9,2957	-0,0071
N5	22	-4,1767	0,6007	1813,423	-1,2251	-8,2824	0,0015
N6	21	-4,306	-0,0665	1863,924	0,1058	-8,5289	-0,0039
N7	20	-5,0619	0	1790,425	1,76E-06	-9,9949	0
N8	19	-4,306	0,0665	1863,924	-0,1058	-8,5289	0,0039
N9	18	-4,1767	-0,6007	1813,423	1,2251	-8,2824	-0,0015
N10	17	-4,6953	0,1246	1709,694	-0,1726	-9,2957	0,0071
N11	16	-4,3415	-1,3309	1568,135	2,6985	-8,6114	-0,0006
N12	15	-4,4092	0,8988	1501,633	-1,6471	-8,7495	0,006
N13	14	-2,932	-3,0107	1185,003	6,02	-5,8656	0,0047

Reaksi perletakan yang dipakai untuk perhitungan kekuatan dan jumlah tiang pancang adalah reaksi vertikal dari beban aksial (P) yang ditunjukkan dengan notasi FZ pada *output* ETABS di Tabel 5.1. Nilai reaksi perletakan sesuai dengan koordinat sumbu perletakan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Distribusi Reaksi Perletakan terhadap Beban Aksial (P)
untuk Tumpuan Jepit (dalam satuan kN)

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1185,02	1484,21	1507,67	1545,83	1568,05	1806,64	1845,05	1845,07	1806,75	1568,13	1545,89	1507,68	1484,21	1185,02
2	1501,62	1914,89	1928,97	1906,81	1931,62	2261,31	2307,04	2307,1	2261,99	1932,21	1906,96	1928,98	1914,9	1501,62
3	1568,15	1854,91	1855,88	1914,21	1924,37	2308,96	2332,43	2332,44	2309,16	1924,32	1914,2	1855,86	1854,93	1568,15
4	1709,69	2027,02	2024,73	1979,36	1857,02	2140,92	2192,07	2192,09	2141,54	1857,66	1979,4	2024,83	2027,01	1709,7
5	1813,45	2278,05	2187,66	1804,25	1363,4	1458,77	1489,58	1489,51	1456,99	1361,65	1804,14	2187,65	2278,05	1813,42
6	1863,93	2328,08	2339,5	1954,45	1403,25	1462,4	1488,39	1488,34	1462,75	1403,58	1954,51	2339,47	2328,08	1863,92
7	1790,41	2272,47	2278,12	1877,92	1424,6	1487,78	1495,19	1495,14	1487,55	1424,33	1877,88	2278,14	2272,45	1790,42
8	1863,94	2328,08	2339,5	1954,45	1403,25	1462,41	1488,37	1488,33	1462,77	1403,57	1954,51	2339,47	2328,08	1863,92
9	1813,45	2278,05	2187,66	1804,25	1363,4	1458,77	1489,59	1489,52	1457,03	1361,61	1804,13	2187,64	2278,05	1813,42
10	1709,68	2027,02	2024,74	1979,36	1857,02	2140,93	2192,06	2192,1	2141,62	1857,59	1979,37	2024,83	2027,01	1709,69
11	1568,14	1854,92	1855,89	1914,2	1924,35	2308,96	2332,43	2332,44	2309,07	1924,4	1914,21	1855,87	1854,94	1568,14
12	1501,63	1914,88	1928,98	1906,81	1931,61	2261,31	2307,03	2307,09	2261,94	1932,23	1906,97	1928,98	1914,89	1501,63
13	1185,01	1484,21	1507,66	1545,84	1568,06	1806,63	1845,04	1845,07	1806,74	1568,15	1545,9	1507,67	1484,22	1185

5.2 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

Jika beban aksial yang diterima perletakan melebihi daya dukung izin satu tiang, maka diperlukan lebih dari satu tiang pancang. Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu titik perletakan (satu kolom) adalah dengan membagi beban aksial dengan daya dukung izin satu tiang. Besarnya daya dukung izin satu tiang ditentukan dari besarnya daya dukung izin tanah sesuai kedalaman (21 m untuk *end bearing* dan 16 m untuk *friction*).

Jumlah tiang pancang rencana atau perkiraan awal sebelum dilakukan perhitungan grup adalah sebagai berikut :

$$n_{\text{perkiraan}} = \frac{P}{Q_{\text{izin}}}$$

Contoh perhitungan jumlah tiang pancang perkiraan :

1. *End Bearing*

Perletakan A1

$$P \text{ (dari ETABS)} = 1185,0058 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{izin}} \text{ (end bearing)} = 758,6 \text{ kN}$$

$$n_{\text{perkiraan}} = \frac{1185,0058}{758,6} = 1,57 \approx 2 \text{ buah}$$

2. *Friction*

Perletakan A1

$$P \text{ (dari ETABS)} = 1185,0058 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{izin}} \text{ (friction)} = 310,64 \text{ kN}$$

$$n_{\text{perkiraan}} = \frac{1185,0058}{310,64} = 3,82 \approx 4 \text{ buah}$$

Pada Tabel 5.3 dan 5.4 disajikan jumlah perkiraan tiang pancang untuk pondasi *end bearing* dan *friction* sebelum perhitungan kontrol grup tiang pancang.

Tabel 5.3 Jumlah Perkiraan Tiang Pancang Metode Konvensional
End Bearing

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2
3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	4	3
6	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3
7	3	3	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	3	3
8	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3
9	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	4	3
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3
12	2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	2
13	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2

Tabel 5.4 Jumlah Perkiraan Tiang Pancang Metode Konvensional
Friction

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	4
2	5	7	7	7	7	8	8	8	8	7	7	7	7	5
3	6	6	6	7	7	8	8	8	8	7	7	6	6	6
4	6	7	7	7	6	7	8	8	7	7	8	8	7	6
5	6	8	8	6	5	5	5	5	5	5	6	8	8	6
6	7	8	8	7	5	5	5	5	5	5	7	8	8	7
7	6	8	8	7	5	5	5	5	5	5	7	8	8	6
8	7	8	8	7	5	5	5	5	5	5	7	8	8	7
9	6	8	8	6	5	5	5	5	5	5	6	8	8	6
10	6	7	7	7	6	7	8	8	7	6	7	7	7	6
11	6	6	6	7	7	8	8	8	8	7	7	6	6	6
12	5	7	7	7	7	8	8	8	8	7	7	7	7	5
13	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	4

5.3 Perhitungan Grup Tiang Pancang

Dari Subbab 5.2 diketahui jumlah perkiraan awal tiang pancang yang dibutuhkan sesuai dengan beban aksial yang diterima titik perletakan dan kekuatan daya dukungnya. Pada saat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah grup, daya dukungnya mengalami modifikasi, karena pengaruh dari konfigurasi dan jarak antar tiang tersebut.

5.3.1 Perhitungan Efisiensi Grup Tiang Pancang

Daya dukung tiang pancang dalam sebuah grup harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut koefisien efisiensi (C_e). Dalam perencanaan Tugas Akhir ini, daya dukung pondasi grup dihitung menurut persamaan Converse-Labarre sebagai berikut :

$$C_e = 1 - \left\{ 1 - \left(\frac{\arctan(\emptyset/S)}{90^\circ} \right) \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \right\}$$

Dengan m = jumlah baris tiang pancang dan n = jumlah kolom tiang pancang. Persamaan Converse-Labarre ideal digunakan untuk tiang pancang grup dengan konfigurasi yang simetris. Jika konfigurasi tiang pancang tidak simetris, maka digunakan nilai C_e dari konfigurasi yang mirip dengan konfigurasi grup tersebut.

Jarak antar tiang pancang (S) dalam perencanaan pondasi ini adalah sebagai berikut :

- Jarak antar tiang pancang (S)
 Syarat : $2D \leq S \leq 3D$
 $2 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$
 $120 \leq S \leq 180$
 Digunakan jarak antar tiang pancang 180 cm
- Jarak tiang pancang ke tepi (S')
 Syarat : $1D \leq S' \leq 2D$
 $1 \times 60 \leq S' \leq 2 \times 60$
 $60 \leq S' \leq 120$
 Digunakan jarak tiang pancang ke tepi 60 cm

Pada Gambar 5.1 disajikan contoh konfigurasi grup untuk 4 buah tiang pancang.

Jumlah tiang pancang : 4 buah

Jumlah baris (m) : 2

Jumlah kolom (n) : 2

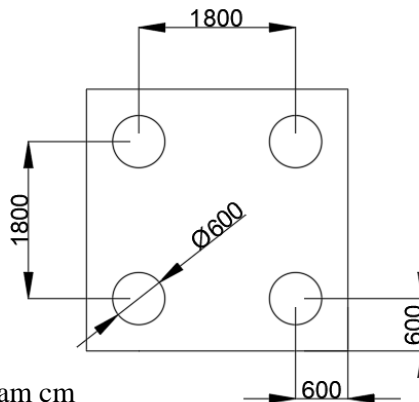
Jarak antar tiang (S) : 180 cm

Diameter tiang (\emptyset) : 60 cm

Sehingga efisiensi grup tiang 4 buah adalah :

$$C_e = 1 - \left\{ 1 - \left(\frac{\arctan(60/180)}{90^\circ} \right) \times \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) \right\}$$

$$C_e = 0,7952$$



*Angka dalam cm

Gambar 5.1 Contoh Konfigurasi Grup Tiang Pancang dengan Jumlah Tiang 4 Buah

Pada perencanaan pondasi ini untuk semua metode perencanaan memakai konfigurasi yang sama. Perhitungan konfigurasi untuk semua jumlah tiang pancang yang lain secara lengkap dapat dilihat pada LAMPIRAN C. Pada Tabel 5.5 disajikan rekapitulasi nilai variabel untuk konfigurasi grup tiang

pancang. Untuk variabel X_{max} , Y_{max} , Σx^2 , dan Σy^2 akan dijelaskan di Subbab 5.3.3.

Tabel 5.5 Nilai Variabel Konfigurasi Tiang Pancang Grup

Jumlah Tiang	baris	kolom	Ce	X_{max}	Σx^2	Y_{max}	Σy^2
2	1	2	0,8976	0,9	1,62	0	0
3	2	2	0,8145	1	2	1,5	9,92
4	2	2	0,7952	0,9	3,24	0,9	3,24
5	2	3	0,7610	1,25	6,25	1,25	6,25
6	2	3	0,7610	1,8	12,96	0,9	4,86
7	3	3	0,7269	1,8	12,96	1,8	19,44
8	2	4	0,7440	2,7	32,4	0,9	6,48
9	3	3	0,7269	1,8	19,44	1,8	19,44
10	2	5	0,7337	3,6	64,8	0,9	8,1
11	3	4	0,7098	2,7	46,98	1,8	25,92
12	3	4	0,7098	2,7	48,6	1,8	25,92
13	3	5	0,6996	3,6	97,2	1,8	25,92
14	3	5	0,6996	3,6	97,2	1,8	32,4
15	3	5	0,6996	3,6	97,2	1,8	32,4
16	4	4	0,6928	2,7	64,8	2,7	64,8
17	4	5	0,6825	3,6	129,6	2,7	64,8
18	3	6	0,6928	4,5	170,1	1,8	38,88
19	4	5	0,6825	3,6	129,6	2,7	80,19
20	4	5	0,6825	3,6	129,6	2,7	81

5.3.2 Daya Dukung Grup Tiang Pancang

Daya dukung grup tiang pancang dihitung sesuai dengan konfigurasi grup tiang pancang dan jumlah tiang pancang yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{grup} = Q_{izin} \times n \times Ce$$

Pada contoh perhitungan ini digunakan pondasi *end bearing* perletakan **nomor B5 (label 186)** yang memiliki jumlah perkiraan tiang pancang 4 buah.

Perletakan B5 (*end bearing*)

Jumlah tiang : 4 buah

Efisiensi (Ce) : 0,7951

Q_{izin} : 758,6 kN

$$\begin{aligned} Q_{grup} &= 758,6 \times 4 \times 0,7951 \\ &= 2412,855 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai daya dukung grup leboh kecil jika dibandingkan dengan daya dukung izin satu tiang yang dikalikan dengan jumlah. Oleh karena itu perlu dilakukan kontrol beban dan grup tiang pancang yang dijelaskan pada Subbab 5.3.3 dan 5.3.4.

Pada Tabel 5.6 dan 5.7 disajikan daya dukung grup tiang pancang untuk pondasi *end bearing* dan *friction* dari jumlah perkiraan tiang pancang.

5.3.3 Kontrol Beban Maksimum Satu Tiang Pancang

Dari perhitungan jumlah perkiraan tiang pancang pada Subbab 5.3.1 jumlah tiang pancang yang direncanakan masih berdasarkan beban aksial yang bekerja pada tiang. Oleh sebab itu pada subbbab kali ini akan dilakukan perhitungan kontrol gaya yang bekerja pada tiang tersebut. Adanya perubahan gaya yang bekerja pada satu tiang disebabkan oleh konfigurasi grup tiang pancang yang menyebabkan momen pada reaksi perletakan akan berpengaruh.

Untuk menghitung besarnya beban maksimum 1 tiang pancang dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$P_{max} = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\sum Y^2}$$

Dengan

V = P = beban aksial yang bekerja pada perletakan

M_x = momen yang bekerja pada sumbu X

M_y = momen yang bekerja pada sumbu Y

X_{max} = jarak terjauh titik pusat tiang pancang terhadap sumbu X

Y_{max} = jarak terjauh titik pusat tiang pancang terhadap sumbu Y

ΣX² = jumlah jarak tiang pancang terhadap sumbu X

ΣY² = jumlah jarak tiang pancang terhadap sumbu Y

Tanda ± pada momen digunakan karena nilai output ETABS yang ada arah sumbu positif dan negatif untuk nilai momen tiap perletakan. Nilai momen yang digunakan adalah momen dengan nilai absolut terbesar.

Nilai dari P_{max} harus lebih kecil dari Q_{izin} tiang pondasi. Pada contoh perhitungan ini digunakan pondasi **end bearing** perletakan **nomor B5**.

Perletakan B5 (*end bearing*)

V = FZ = 2278,05 kN

N = 4 buah tiang pancang

M_x = 1,9456 kN.m

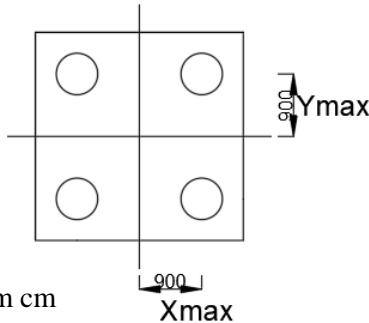
$$M_y = 3,1126 \text{ kN.m}$$

$$X_{\max} = 900 \text{ cm} = 0,9 \text{ m (Gambar 5.2)}$$

$$Y_{\max} = 900 \text{ cm} = 0,9 \text{ m m (Gambar 5.2)}$$

$$\Sigma X^2 = 4 \times 0,9^2 = 3,24 \text{ m}$$

$$\Sigma Y^2 = 4 \times 0,9^2 = 3,24 \text{ m}$$



*Angka dalam cm

Gambar 5.2 Contoh Jarak Maksimum terhadap Sumbu pada Tiang Pancang 4 Buah

$$P_{\max} = \frac{2278,05}{4} \pm \frac{1,9456 \cdot 0,9}{3,24} \pm \frac{3,1126 \cdot 0,9}{3,24}$$

$$P_{\max} = 570,92 \text{ kN}$$

Kontrol P_{\max}

$$P_{\max} \leq Q_{\text{izin}}$$

$$570,92 \text{ kN} \leq 758,56 \text{ kN (OK)}$$

Jika hasil kontrol NOT OK, maka perlu dilakukan revisi jumlah tiang pancang dengan menambah jumlah tiang pancang sampai memenuhi persyaratan yang ditunjukkan dengan hasil kontrol OK.

5.3.4 Kontrol Daya Dukung Grup Tiang Pancang

Setelah didapatkan nilai P_{\max} maka dilakukan kontrol terhadap daya dukung grup tiang pancang dengan persamaan berikut ini :

$$P_{\max} \cdot n \leq Q_{\text{grup}}$$

Untuk pondasi *end bearing* perletakan **nomor A4** maka kontrol daya dukung tiang pancang adalah :

$$570,92 \cdot 4 \leq 2412,86$$

$$2283,67 \leq 2412,86 \quad (\text{OK})$$

Dari hasil perhitungan di atas, jumlah tiang pancang 4 buah untuk pondasi *end bearing* perletakan **nomor B5** memenuhi syarat sehingga tidak perlu dilakukan penambahan jumlah tiang pancang.

Jika ada titik yang jumlah perkiraan tiang pancang tidak memenuhi persyaratan, dilakukan **penambahan** jumlah tiang pancang dan **perhitungan ulang** mulai dari efisiensi grup tiang pancang dan daya dukung grup tiang pancang (Subbab 5.3.1 s/d 5.3.3) sampai kontrol OK.

Tabel perhitungan lengkap untuk semua titik perletakan dapat dilihat pada tabel LAMPIRAN D. Pada LAMPIRAN D, jumlah tiang pancang yang ditampilkan pada tabel adalah revisi jumlah tiang yang sudah memenuhi syarat untuk masing-masing perletakan.

5.3.5 Revisi Jumlah Tiang Pancang

Dari Subbab 5.3.1 s/d 5.3.3 didapatkan jumlah tiang pancang yang memenuhi persyaratan daya dukung. Pada Tabel 5.6 dan 5.7 disajikan revisi jumlah tiang pancang untuk pondasi *end bearing* dan *friction* yang memenuhi persyaratan. Selain itu, disajikan tabel daya dukung grup tiang pancang dari jumlah tiang pancang revisi dan tabel beban maksimum yang terjadi pada grup tiang pancang.

Untuk pondasi *end bearing* disajikan pada Tabel 5.10 dan 5.11, sedangkan untuk pondasi *friction* disajikan pada Tabel 5.10 dan 5.11

Tabel 5.6 Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional
End Bearing

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
5	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3
6	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
7	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3
8	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
9	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3
10	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
11	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
12	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
13	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2

Tabel 5.7 Revisi Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional
Friction

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	6	7	7	7	7	8	9	9	8	7	7	7	7	6
2	7	9	9	9	9	10	11	11	10	9	9	9	9	7
3	7	9	9	9	9	11	11	11	11	9	9	9	9	7
4	8	9	9	9	9	10	10	10	10	9	9	9	9	8
5	8	11	10	8	6	7	7	7	7	6	8	10	11	8
6	9	11	11	9	6	7	7	7	7	6	9	11	11	9
7	8	10	11	9	7	7	7	7	7	7	9	11	10	8
8	9	11	11	9	6	7	7	7	7	6	9	11	11	9
9	8	11	10	8	6	7	7	7	7	6	8	10	11	8
10	8	9	9	9	9	10	10	10	10	9	9	9	9	8
11	7	9	9	9	9	11	11	11	11	9	9	9	9	7
12	7	9	9	9	9	10	11	11	10	9	9	9	9	7
13	6	7	7	7	7	8	9	9	8	7	7	7	7	6

Tabel 5.8 Daya Dukung Grup Tiang Pancang dari Revisi Jumlah
Tiang Pancang Metode Konvensional *End Bearing*

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1361,8	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1361,8
2	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5
3	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5
4	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5
5	1853,5	2412,9	2412,9	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	2412,9	2412,9	1853,5
6	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9
7	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	2412,9	2412,9	1853,5
8	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9
9	1853,5	2412,9	2412,9	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	2412,9	2412,9	1853,5
10	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5
11	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5
12	1853,5	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	2412,9	1853,5
13	1361,8	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1853,5	1361,8

Tabel 5.9 Beban Maksimum yang Terjadi dari Revisi Jumlah
Tiang Pancang Metode Konvensional *End Bearing*

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1191,5	1490,9	1515,7	1551,8	1575,5	1810,9	1849,1	1849,1	1811	1575,6	1551,9	1515,7	1490,9	1191,5
2	1515,5	1921,7	1936,7	1912,7	1938,7	2264,6	2310,2	2310,2	2265,2	1939,3	1912,9	1936,7	1921,7	1515,5
3	1582,3	1863,3	1864,9	1921,1	1932,2	2313,1	2336,3	2336,3	2313,3	1932,2	1921	1864,9	1863,3	1582,3
4	1723,7	2031,9	2030,3	1985	1863,1	2143,7	2194,8	2194,9	2144,4	1863,7	1985	2030,4	2031,9	1723,7
5	1826,4	2283,7	2193,6	1813,9	1368,1	1459	1489,9	1489,8	1457,3	1366,3	1813,8	2193,5	2283,7	1826,4
6	1873,5	2331,5	2343,1	1961,1	1407	1462,6	1488,6	1488,5	1463	1407,3	1961,1	2343,1	2331,5	1873,5
7	1805,4	2276,3	2282,2	1885	1429	1488,1	1495,3	1495,3	1487,9	1428,7	1885	2282,2	2276,3	1805,4
8	1873,5	2331,5	2343,1	1961,1	1407	1462,7	1488,6	1488,5	1463	1407,3	1961,1	2343,1	2331,5	1873,5
9	1826,4	2283,7	2193,6	1813,9	1368,1	1459	1489,9	1489,8	1457,3	1366,3	1813,8	2193,5	2283,7	1826,4
10	1723,7	2031,9	2030,3	1985	1863,1	2143,7	2194,8	2194,9	2144,4	1863,7	1985	2030,4	2031,9	1723,7
11	1582,3	1863,3	1864,9	1921	1932,2	2313,1	2336,3	2336,3	2313,2	1932,3	1921	1864,9	1863,3	1582,3
12	1515,5	1921,7	1936,7	1912,7	1938,7	2264,6	2310,2	2310,2	2265,2	1939,3	1912,9	1936,7	1921,7	1515,5
13	1191,5	1490,9	1515,7	1551,8	1575,5	1810,9	1849,1	1849,1	1811	1575,6	1551,9	1515,7	1490,9	1191,5

Tabel 5.10 Daya Dukung Grup Tiang Pancang dari Revisi
Jumlah Tiang Pancang Metode Konvensional *Friction*

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1418,4	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1848,8	2032,2	2032,2	1848,8	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1418,4
2	1580,6	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	2279,2	2425,5	2425,5	2279,2	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	1580,6
3	1580,6	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	2425,5	2425,5	2425,5	2425,5	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	1580,6
4	1848,8	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	2279,2	2279,2	2279,2	2279,2	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	1848,8
5	1848,8	2425,5	2279,2	1848,8	1418,4	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1418,4	1848,8	2279,2	2425,5	1848,8
6	2032,2	2425,5	2425,5	2032,2	1418,4	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1418,4	2032,2	2425,5	2425,5	2032,2
7	1848,8	2279,2	2425,5	2032,2	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	2032,2	2425,5	2279,2	1848,8
8	2032,2	2425,5	2425,5	2032,2	1418,4	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1418,4	2032,2	2425,5	2425,5	2032,2
9	1848,8	2425,5	2279,2	1848,8	1418,4	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1418,4	1848,8	2279,2	2425,5	1848,8
10	1848,8	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	2279,2	2279,2	2279,2	2279,2	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	1848,8
11	1580,6	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	2425,5	2425,5	2425,5	2425,5	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	1580,6
12	1580,6	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	2279,2	2425,5	2425,5	2279,2	2032,2	2032,2	2032,2	2032,2	1580,6
13	1418,4	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1848,8	2032,2	2032,2	1848,8	1580,6	1580,6	1580,6	1580,6	1418,4

Tabel 5.11 Beban Maksimum yang Terjadi dari Revisi Jumlah
Tiang Pancang Metode Konvensional *Friction*

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1196,6	1491,7	1516,1	1552,3	1575,5	1816,4	1852,3	1852,3	1816,5	1575,6	1552,4	1516,1	1491,7	1196,6
2	1511,2	1920	1934,8	1911,2	1936,9	2264,4	2309,2	2309,2	2265,1	1937,5	1911,4	1934,8	1920	1511,2
3	1578,3	1861,2	1862,6	1919,3	1930,2	2311,7	2335,1	2335,1	2311,9	1930,2	1919,3	1862,6	1861,2	1578,3
4	1716,1	2030,7	2028,9	1983,6	1861,6	2143,6	2194,8	2194,8	2144,3	1862,2	1983,6	2029	2030,7	1716,1
5	1820,3	2281,5	2191,8	1809,7	1366,5	1459,1	1489,9	1489,8	1457,3	1364,7	1809,6	2191,8	2281,5	1820,3
6	1871,1	2330	2341,5	1959,4	1405,4	1462,6	1488,5	1488,5	1462,9	1405,8	1959,5	2341,5	2330	1871,1
7	1797,1	2274,4	2280,4	1883,3	1427,5	1488	1495,3	1495,2	1487,7	1427,2	1883,2	2280,5	2274,4	1797,1
8	1871,1	2330	2341,5	1959,4	1405,4	1462,6	1488,5	1488,5	1463	1405,8	1959,5	2341,5	2330	1871,1
9	1820,3	2281,5	2191,8	1809,7	1366,5	1459,1	1489,9	1489,8	1457,3	1364,7	1809,6	2191,8	2281,5	1820,3
10	1716,1	2030,7	2028,9	1983,6	1861,6	2143,6	2194,8	2194,8	2144,3	1862,1	1983,6	2029	2030,7	1716,1
11	1578,3	1861,2	1862,7	1919,3	1930,2	2311,7	2335,1	2335,1	2311,9	1930,3	1919,3	1862,6	1861,2	1578,3
12	1511,2	1920	1934,8	1911,2	1936,9	2264,4	2309,2	2309,2	2265	1937,5	1911,4	1934,8	1920	1511,2
13	1196,6	1491,7	1516,1	1552,3	1575,5	1816,3	1852,3	1852,3	1816,5	1575,6	1552,4	1516,1	1491,7	1196,6

5.3.6 Kontrol Momen dan Defleksi Tiang Pancang

Dari hasil reaksi perletakan yang menghasilkan nilai reaksi horizontal dan momen, dilakukan kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral yaitu kontrol momen dan defleksi yang terjadi pada tiang pancang. Perumusan yang dipakai dalam perhitungan gaya lateral yang diterima oleh pondasi tiang pancang dalam perencanaan ini berdasarkan NAFVAC DM-7 (1971).

Langkah perhitungan untuk kontrol momen dan defleksi tiang pancang adalah sebagai berikut dengan contoh yang diambil adalah pondasi *end bearing* perletakan **nomor B5**.

1. Perhitungan faktor kekakuan relatif/ *relative stiffness factor* (T)

Faktor kekakuan relatif T dirumuskan sebagai berikut :

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 27805,57 \text{ MPa}$$

$$= 278055,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 510508,8 \text{ cm}^4$$

$$D = 60 \text{ cm}$$

$$Cu = 0,06 \text{ kg/cm}^2$$

$$qu = 2 \cdot Cu$$

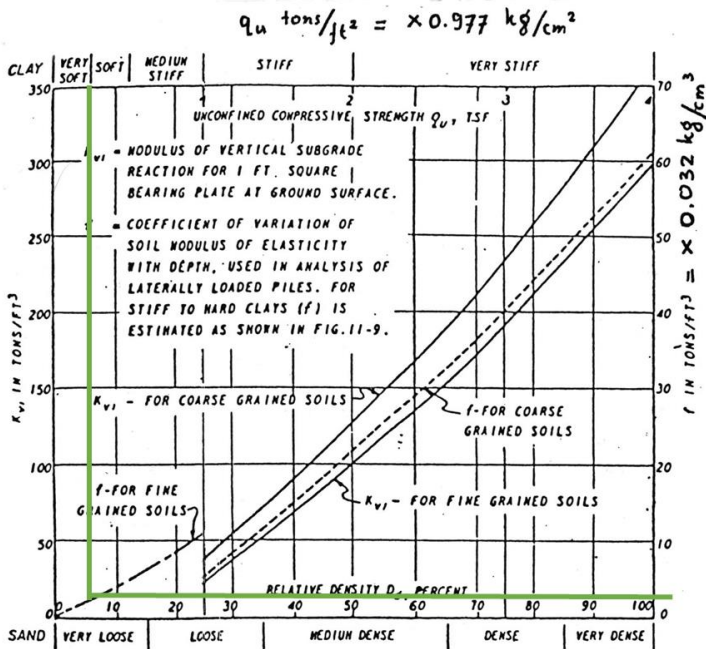
$$= 2 \cdot 0,06$$

$$= 0,12 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,12 / 0,977$$

$$= 0,1228 \text{ tons/feet}^2$$

Mencari nilai f dengan grafik pada Gambar 5.3. Untuk jenis tanah cohesive dan nilai $q_u = 0,1228 \text{ tons/ft}^2$ ditarik garis hijau ke bawah sampai menyentuh kurva f – *for fine grained soil* dan didapatkan $f = 3 \text{ tons/ft}^2$.



Gambar 5.3 Grafik untuk Mencari Nilai f

$$f = 3 \text{ tons/ft}^2 \text{ (konversi ke kg/cm}^2\text{)}$$

$$= 3 \cdot 0,032$$

$$= 0,096 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = \left(\frac{278055,7 \cdot 510508,8}{0,096} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = 2,71 \text{ m}$$

2. Mencari nilai koefisien momen (F_m) dan koefisien defleksi (F_δ)

Bagian tiang pancang yang mengalami besar defleksi yang paling besar adalah bagian yang dekat dengan permukaan tanah. Perhitungan koefisien momen dan defleksi dicari menggunakan grafik pada Gambar 5.4.

Data yang dibutuhkan :

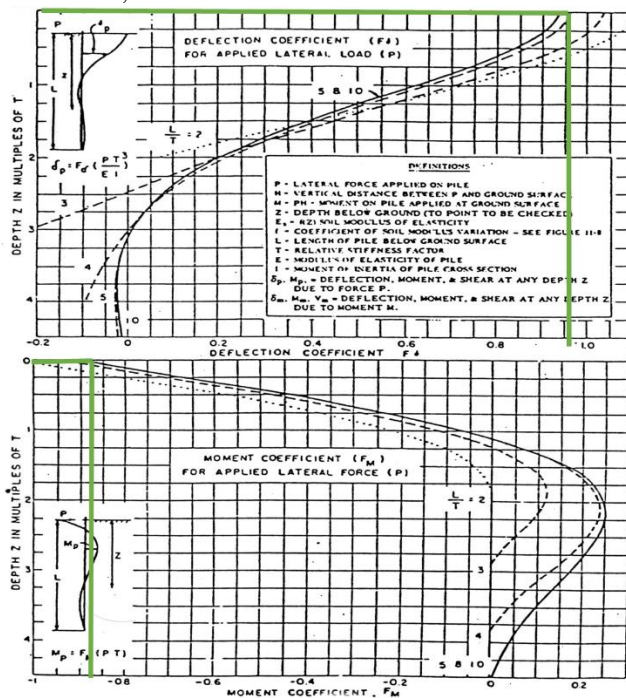
Panjang tiang pancang (*end bearing*)

$L = 21 \text{ m}$

$T = 2,71 \text{ m}$

$L/T = 21/2,71$

$= 7,73$



Gambar 5.4 Grafik untuk Mencari nilai F_m dan F_δ

Untuk nilai $L/T = 7,73$, digunakan kurva $L/T = 5$ & 10 pada Gambar 5.4. Nilai Z diasumsikan 0 karena bagian yang memiliki potensi defleksi terbesar ada di ujung paling dekat permukaan. Dengan menghubungkan nilai Z dengan kurva L/T , didapatkan nilai F_m dan F_δ .

$$F_m = 0,87$$

$$F_\delta = 0,95$$

3. Menghitung besarnya momen dan defleksi

Untuk menghitung besar momen dan defleksi, perlu dicari gaya horizontal terbesar (Ph) yang berkerja. Gaya horizontal terbesar dicari dengan menentukan nilai absolut terbesar dari F_X dan F_Y (reaksi perletakan horizontal arah X dan Y) dari *output* ETABS.

Untuk perletakan **nomor B5**, Ph yang didapat adalah sebesar $1,6336$ kN atau $0,16336$ ton.

Momen maksimum yang terjadi dirumuskan sebagai berikut :

$$M_{max} = F_m \cdot T \cdot P_h$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= 0,87 \cdot 2,71 \cdot 0,16336 \\ &= 0,000386 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Sedangkan defleksi yang terjadi dirumuskan sebagai berikut:

$$\delta = F_\delta \left(\frac{Ph \cdot T}{EI} \right)^3$$

$$\delta = 0,95 \left(\frac{0,16336 \cdot 2,71}{278055,7 \cdot 510508,8} \right)^3$$

$$\delta = 2,19 \cdot 10^{-11} \text{ cm}$$

4. Kontrol momen dan defleksi

Setelah mendapatkan nilai momen dan defleksi tiang pancang maka dilakukan kontrol apakah momen dan defleksi tiang pancang memenuhi persyaratan.

Kontrol momen

Syarat :

$$M_{max} \leq M_{crack}$$

M_{crack} didapatkan dari spesifikasi tiang pancang WIKA *spun pile* dengan $M_{crack} = 17 \text{ ton.m}$, sehingga

$$0,000386 \text{ ton.m} \leq 17 \text{ ton.m (OK)}$$

Kontrol Defleksi

Syarat :

$$\delta \leq 1 \text{ inch}$$

atau

$$\delta \leq 2,54 \text{ cm}$$

$$2,19 \cdot 10^{-11} \text{ cm} \leq 2,54 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi tiang pancang yang digunakan pada titik B5 telah memenuhi persyaratan momen dan defleksi.

Jika kontrol momen dan defleksi tiang pancang memenuhi persyaratan, maka tiang pancang dapat dipakai. Perhitungan untuk semua perletakan dapat dilihat pada LAMPIRAN D.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PERENCANAAN PONDASI METODE P-Z CURVE

6.1 Reaksi Perletakan

Reaksi perletakan untuk metode *P-Z curve* diambil dari permodelan struktur dengan perletakan pegas (*spring*). Reaksi perletakan yang diambil untuk perencanaan merupakan reaksi dari kombinasi beban tidak berfaktor 1D + 1L. Nilai reaksi perletakan untuk masing-masing titik perletakan dengan konstanta pegas awal yang dianalisis menggunakan ETABS disajikan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Pegas untuk Pondasi *End Bearing*

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
A1	133	1343,714	-6,199
A2	146	1546,54	-7,135
A3	159	1615,187	-7,452
A4	172	1750,523	-8,076
A5	185	1849,662	-8,534
A6	198	1904,453	-8,787
A7	120	1879,475	-8,671
A8	107	1904,453	-8,787
A9	94	1849,662	-8,534
A10	81	1750,521	-8,076
A11	68	1615,179	-7,452
A12	55	1546,537	-7,135
A13	1	1343,722	-6,2
B1	134	1528,481	-7,052
B2	147	1765,015	-8,143
B3	160	1790,26	-8,26
B4	173	1930,606	-8,907
B5	186	2073,773	-9,568
B6	199	2131,799	-9,835
B7	121	2119,591	-9,779
B8	108	2131,799	-9,835
B9	95	2073,773	-9,568
B10	82	1930,607	-8,907
B11	69	1790,267	-8,26
B12	56	1765,017	-8,143

Tabel 6.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Pegas untuk Pondasi *End Bearing* (lanjutan)

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
B13	2	1528,479	-7,052
C1	135	1569,742	-7,242
C2	148	1800,649	-8,308
C3	161	1818,389	-8,389
C4	174	1944,407	-8,971
C5	187	2043,881	-9,43
C6	200	2124,609	-9,802
C7	122	2111,459	-9,742
C8	109	2124,609	-9,802
C9	96	2043,881	-9,43
C10	83	1944,408	-8,971
C11	70	1818,396	-8,39
C12	57	1800,649	-8,308
C13	3	1569,744	-7,242
D1	136	1633,143	-7,535
D2	149	1833,805	-8,461
D3	162	1866,887	-8,613
D4	175	1892,913	-8,733
D5	188	1790,401	-8,26
D6	201	1841,264	-8,495
D7	123	1818,755	-8,391
D8	110	1841,264	-8,495
D9	97	1790,401	-8,26
D10	84	1892,911	-8,733
D11	71	1866,879	-8,613
D12	58	1833,803	-8,461
D13	4	1633,146	-7,535
E1	137	1666,627	-7,689
E2	150	1869,262	-8,624
E3	163	1893,013	-8,734
E4	176	1847,588	-8,524
E5	189	1572,009	-7,253
E6	202	1563,466	-7,213
E7	124	1566,322	-7,227
E8	111	1563,467	-7,213
E9	98	1572,009	-7,253
E10	85	1847,586	-8,524
E11	72	1893,003	-8,734
E12	59	1869,252	-8,624

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
E13	5	1666,64	-7,689
F1	138	1840,488	-8,491
F2	151	2082,62	-9,609
F3	164	2120,336	-9,783
F4	177	1994,269	-9,201
F5	190	1567,065	-7,23
F6	203	1471,764	-6,79
F7	125	1472,568	-6,794
F8	112	1471,769	-6,79
F9	99	1567,065	-7,23
F10	86	1994,273	-9,201
F11	73	2120,349	-9,783
F12	60	2082,629	-9,609
F13	6	1840,475	-8,491
G1	139	1900,882	-8,77
G2	152	2145,596	-9,899
G3	165	2170,514	-10,014
G4	178	2041,56	-9,419
G5	191	1590,155	-7,336
G6	204	1474,282	-6,802
G7	126	1462,942	-6,75
G8	113	1474,277	-6,802
G9	100	1590,159	-7,337
G10	87	2041,565	-9,419
G11	74	2170,514	-10,014
G12	61	2145,594	-9,899
G13	7	1900,866	-8,77
H1	140	1900,93	-8,77
H2	153	2145,681	-9,9
H3	166	2170,599	-10,014
H4	179	2041,637	-9,419
H5	192	1589,969	-7,336
H6	205	1474,209	-6,802
H7	127	1462,909	-6,749
H8	114	1474,208	-6,802
H9	101	1589,977	-7,336
H10	88	2041,649	-9,42
H11	75	2170,591	-10,014
H12	62	2145,669	-9,899

Tabel 6.1 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Pegas untuk Pondasi *End Bearing* (lanjutan)

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
H13	8	1900,911	-8,77
I1	141	1840,626	-8,492
I2	154	2083,005	-9,61
I3	167	2120,633	-9,784
I4	180	1994,996	-9,204
I5	193	1565,299	-7,222
I6	206	1471,752	-6,79
I7	128	1472,531	-6,794
I8	115	1471,772	-6,79
I9	102	1565,313	-7,222
I10	89	1995,027	-9,204
I11	76	2120,604	-9,784
I12	63	2082,982	-9,61
I13	9	1840,605	-8,492
J1	142	1666,74	-7,69
J2	155	1869,556	-8,626
J3	168	1893,125	-8,734
J4	181	1848,375	-8,528
J5	194	1570,361	-7,245
J6	207	1563,545	-7,214
J7	129	1566,28	-7,226
J8	116	1563,534	-7,214
J9	103	1570,351	-7,245
J10	90	1848,341	-8,528
J11	77	1893,158	-8,734
J12	64	1869,572	-8,626
J13	10	1666,759	-7,69
K1	143	1633,232	-7,535
K2	156	1833,95	-8,461
K3	169	1866,988	-8,614
K4	182	1893,133	-8,734
K5	195	1790,012	-8,259
K6	208	1841,232	-8,495
K7	130	1818,728	-8,391
K8	117	1841,227	-8,495
K9	104	1790,003	-8,259
K10	91	1893,115	-8,734
K11	78	1867	-8,614
K12	65	1833,966	-8,461
K13	11	1633,243	-7,535

Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
L1	144	1569,772	-7,242
L2	157	1800,681	-8,308
L3	170	1818,408	-8,39
L4	183	1944,448	-8,971
L5	196	2043,853	-9,43
L6	209	2124,574	-9,802
L7	131	2111,452	-9,742
L8	118	2124,573	-9,802
L9	105	2043,85	-9,43
L10	92	1944,446	-8,971
L11	79	1818,417	-8,39
L12	66	1800,686	-8,308
L13	12	1569,779	-7,242
M1	145	1528,5	-7,052
M2	158	1765,041	-8,143
M3	171	1790,293	-8,26
M4	184	1930,623	-8,907
M5	197	2073,75	-9,568
M6	210	2131,779	-9,835
M7	132	2119,571	-9,779
M8	119	2131,778	-9,835
M9	106	2073,749	-9,568
M10	93	1930,623	-8,907
M11	80	1790,3	-8,26
M12	67	1765,045	-8,143
M13	13	1528,501	-7,052
N1	26	1343,729	-6,2
N2	25	1546,562	-7,135
N3	24	1615,214	-7,452
N4	23	1750,532	-8,076
N5	22	1849,646	-8,534
N6	21	1904,435	-8,786
N7	20	1879,478	-8,671
N8	19	1904,435	-8,786
N9	18	1849,644	-8,534
N10	17	1750,529	-8,076
N11	16	1615,205	-7,452
N12	15	1546,559	-7,135
N13	14	1343,738	-6,2

Tabel 6.2 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Pegas untuk Pondasi *Friction*

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
A1	133	1438,45	-12,021
A2	146	1593,137	-13,313
A3	159	1653,071	-13,814
A4	172	1773,931	-14,824
A5	185	1861,228	-15,554
A6	198	1913,191	-15,988
A7	120	1901,923	-15,894
A8	107	1913,191	-15,988
A9	94	1861,227	-15,554
A10	81	1773,929	-14,824
A11	68	1653,065	-13,814
A12	55	1593,133	-13,313
A13	1	1438,46	-12,021
B1	134	1577,228	-13,18
B2	147	1749,424	-14,619
B3	160	1781,747	-14,89
B4	173	1901,962	-15,894
B5	186	2011,649	-16,811
B6	199	2062,612	-17,237
B7	121	2059,633	-17,212
B8	108	2062,612	-17,237
B9	95	2011,649	-16,811
B10	82	1901,962	-15,894
B11	69	1781,751	-14,89
B12	56	1749,427	-14,619

Tabel 6.2 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan
Tumpuan Pegas untuk Pondasi *Friction* (lanjutan)

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
B13	2	1577,226	-13,18
C1	135	1616,132	-13,506
C2	148	1782,804	-14,898
C3	161	1809,301	-15,12
C4	174	1914,872	-16,002
C5	187	1991,295	-16,641
C6	200	2050,729	-17,137
C7	122	2046,364	-17,101
C8	109	2050,729	-17,137
C9	96	1991,295	-16,641
C10	83	1914,873	-16,002
C11	70	1809,305	-15,12
C12	57	1782,803	-14,898
C13	3	1616,135	-13,506
D1	136	1682,324	-14,059
D2	149	1825,905	-15,259
D3	162	1856,054	-15,511
D4	175	1876,218	-15,679
D5	188	1802,289	-15,061
D6	201	1829,968	-15,293
D7	123	1815,674	-15,173
D8	110	1829,968	-15,293
D9	97	1802,289	-15,061
D10	84	1876,217	-15,679
D11	71	1856,047	-15,51
D12	58	1825,903	-15,259
D13	4	1682,325	-14,059
E1	137	1714,394	-14,327
E2	150	1858,785	-15,533
E3	163	1881,045	-15,719
E4	176	1848,202	-15,445
E5	189	1648,82	-13,779
E6	202	1628,995	-13,613
E7	124	1626,511	-13,592
E8	111	1628,995	-13,613
E9	98	1648,82	-13,779
E10	85	1848,201	-15,445
E11	72	1881,037	-15,719
E12	59	1858,776	-15,533

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
E13	5	1714,404	-14,327
F1	138	1857,369	-15,522
F2	151	2025,429	-16,926
F3	164	2052,265	-17,15
F4	177	1951,483	-16,308
F5	190	1625,543	-13,584
F6	203	1518,185	-12,687
F7	125	1507,29	-12,596
F8	112	1518,188	-12,687
F9	99	1625,545	-13,584
F10	86	1951,485	-16,308
F11	73	2052,276	-17,15
F12	60	2025,436	-16,926
F13	6	1857,355	-15,521
G1	139	1915,28	-16,005
G2	152	2083,287	-17,409
G3	165	2099,156	-17,542
G4	178	1989,708	-16,627
G5	191	1638,407	-13,692
G6	204	1505,31	-12,579
G7	126	1482,665	-12,39
G8	113	1505,307	-12,579
G9	100	1638,411	-13,692
G10	87	1989,714	-16,628
G11	74	2099,155	-17,542
G12	61	2083,283	-17,409
G13	7	1915,261	-16,005
H1	140	1915,33	-16,006
H2	153	2083,368	-17,41
H3	166	2099,243	-17,543
H4	179	1989,779	-16,628
H5	192	1638,223	-13,69
H6	205	1505,213	-12,579
H7	127	1482,617	-12,39
H8	114	1505,213	-12,579
H9	101	1638,229	-13,69
H10	88	1989,789	-16,628
H11	75	2099,235	-17,543
H12	62	2083,356	-17,41

Tabel 6.2 Nilai Reaksi Perletakan Struktur Gedung dengan Tumpuan Pegas untuk Pondasi *Friction* (lanjutan)

Titik Perletakan	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
H13	8	1915,307	-16,006
I1	141	1857,501	-15,523
I2	154	2025,734	-16,929
I3	167	2052,543	-17,153
I4	180	1952,075	-16,313
I5	193	1624,121	-13,572
I6	206	1518,016	-12,686
I7	128	1507,206	-12,595
I8	115	1518,032	-12,686
I9	102	1624,128	-13,572
I10	89	1952,093	-16,313
I11	76	2052,525	-17,152
I12	63	2025,717	-16,928
I13	9	1857,482	-15,522
J1	142	1714,508	-14,328
J2	155	1859,015	-15,535
J3	168	1881,179	-15,721
J4	181	1848,85	-15,45
J5	194	1647,502	-13,768
J6	207	1628,942	-13,613
J7	129	1626,453	-13,592
J8	116	1628,933	-13,613
J9	103	1647,498	-13,768
J10	90	1848,827	-15,45
J11	77	1881,202	-15,721
J12	64	1859,028	-15,535
J13	10	1714,525	-14,328
K1	143	1682,42	-14,06
K2	156	1826,04	-15,26
K3	169	1856,171	-15,512
K4	182	1876,427	-15,681
K5	195	1801,916	-15,058
K6	208	1829,881	-15,292
K7	130	1815,62	-15,173
K8	117	1829,877	-15,292
K9	104	1801,91	-15,058
K10	91	1876,414	-15,681
K11	78	1856,181	-15,512
K12	65	1826,056	-15,26
K13	11	1682,429	-14,06

Perletakan n	Joint Label	FZ (kN)	UZ (mm)
L1	144	1616,175	-13,506
L2	157	1782,849	-14,899
L3	170	1809,335	-15,12
L4	183	1914,905	-16,002
L5	196	1991,252	-16,64
L6	209	2050,677	-17,137
L7	131	2046,336	-17,101
L8	118	2050,675	-17,137
L9	105	1991,25	-16,64
L10	92	1914,903	-16,002
L11	79	1809,343	-15,12
L12	66	1782,853	-14,899
L13	12	1616,184	-13,506
M1	145	1577,262	-13,181
M2	158	1749,463	-14,62
M3	171	1781,788	-14,89
M4	184	1901,979	-15,894
M5	197	2011,621	-16,811
M6	210	2062,58	-17,236
M7	132	2059,603	-17,212
M8	119	2062,579	-17,236
M9	106	2011,619	-16,811
M10	93	1901,979	-15,894
M11	80	1781,794	-14,89
M12	67	1749,468	-14,62
M13	13	1577,263	-13,181
N1	26	1438,48	-12,021
N2	25	1593,173	-13,314
N3	24	1653,111	-13,815
N4	23	1773,944	-14,824
N5	22	1861,213	-15,554
N6	21	1913,169	-15,988
N7	20	1901,915	-15,894
N8	19	1913,168	-15,988
N9	18	1861,211	-15,554
N10	17	1773,941	-14,824
N11	16	1653,104	-13,815
N12	15	1593,169	-13,314
N13	14	1438,492	-12,021

Pada Tabel 6.1 dan 6.2, reaksi perletakan yang ditampilkan hanya reaksi arah vertikal (beban aksial) FZ dikarenakan pada perletakan pegas tidak menghasilkan reaksi perletakan horizontal dan momen. UZ merupakan nilai *displacement* arah vertikal dan bernilai negatif semua, sehingga *displacement* UZ tersebut merupakan nilai penurunan tanah. Dari Tabel 6.1 dan 6.2 dibuat tabel reaksi perletakan dan nilai penurunan sesuai koordinat lokasi perletakan seperti yang disajikan pada Tabel 6.3 s/d 6.6.

Tabel 6.3 Besar Reaksi Perletakan Pegas sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi *End Bearing* (dalam satuan kN)

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1343,71	1528,48	1569,74	1633,14	1666,63	1840,49	1900,88	1900,93	1840,63	1666,74	1633,23	1569,77	1528,50	1343,73
2	1546,54	1765,02	1800,65	1833,81	1869,26	2082,62	2145,60	2145,68	2083,01	1869,56	1833,95	1800,68	1765,04	1546,56
3	1615,19	1790,26	1818,39	1866,89	1893,01	2120,34	2170,51	2170,60	2120,63	1893,13	1866,99	1818,41	1790,29	1615,21
4	1750,52	1930,61	1944,41	1892,91	1847,59	1994,27	2041,56	2041,64	1995,00	1848,38	1893,13	1944,45	1930,62	1750,53
5	1849,66	2073,77	2043,88	1790,40	1572,01	1567,06	1590,16	1589,97	1565,30	1570,36	1790,01	2043,85	2073,75	1849,65
6	1904,45	2131,80	2124,61	1841,26	1563,47	1471,76	1474,28	1474,21	1471,75	1563,55	1841,23	2124,57	2131,78	1904,44
7	1879,47	2119,59	2111,46	1818,76	1566,32	1472,57	1462,94	1462,91	1472,53	1566,28	1818,73	2111,45	2119,57	1879,48
8	1904,45	2131,80	2124,61	1841,26	1563,47	1471,77	1474,28	1474,21	1471,77	1563,53	1841,23	2124,57	2131,78	1904,43
9	1849,66	2073,77	2043,88	1790,40	1572,01	1567,07	1590,16	1589,98	1565,31	1570,35	1790,00	2043,85	2073,75	1849,64
10	1750,52	1930,61	1944,41	1892,91	1847,59	1994,27	2041,56	2041,65	1995,03	1848,34	1893,12	1944,45	1930,62	1750,53
11	1615,18	1790,27	1818,40	1866,88	1893,00	2120,35	2170,51	2170,59	2120,60	1893,16	1867,00	1818,42	1790,30	1615,20
12	1546,54	1765,02	1800,65	1833,80	1869,25	2082,63	2145,59	2145,67	2082,98	1869,57	1833,97	1800,69	1765,04	1546,56
13	1343,72	1528,48	1569,74	1633,15	1666,64	1840,47	1900,87	1900,91	1840,61	1666,76	1633,24	1569,78	1528,50	1343,74

Tabel 6.4 Nilai Penurunan Vertikal sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi *End Bearing* (dalam satuan cm)

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	0,62	0,71	0,72	0,75	0,77	0,85	0,88	0,88	0,85	0,77	0,75	0,72	0,71	0,62
2	0,71	0,81	0,83	0,85	0,86	0,96	0,99	0,99	0,96	0,86	0,85	0,83	0,81	0,71
3	0,75	0,83	0,84	0,86	0,87	0,98	1,00	1,00	0,98	0,87	0,86	0,84	0,83	0,75
4	0,81	0,89	0,90	0,87	0,85	0,92	0,94	0,94	0,92	0,85	0,87	0,90	0,89	0,81
5	0,85	0,96	0,94	0,83	0,73	0,72	0,73	0,73	0,72	0,72	0,83	0,94	0,96	0,85
6	0,88	0,98	0,98	0,85	0,72	0,68	0,68	0,68	0,68	0,72	0,85	0,98	0,98	0,88
7	0,87	0,98	0,97	0,84	0,72	0,68	0,68	0,67	0,68	0,72	0,84	0,97	0,98	0,87
8	0,88	0,98	0,98	0,85	0,72	0,68	0,68	0,68	0,68	0,72	0,85	0,98	0,98	0,88
9	0,85	0,96	0,94	0,83	0,73	0,72	0,73	0,73	0,72	0,72	0,83	0,94	0,96	0,85
10	0,81	0,89	0,90	0,87	0,85	0,92	0,94	0,94	0,92	0,85	0,87	0,90	0,89	0,81
11	0,75	0,83	0,84	0,86	0,87	0,98	1,00	1,00	0,98	0,87	0,86	0,84	0,83	0,75
12	0,71	0,81	0,83	0,85	0,86	0,96	0,99	0,99	0,96	0,86	0,85	0,83	0,81	0,71
13	0,62	0,71	0,72	0,75	0,77	0,85	0,88	0,88	0,85	0,77	0,75	0,72	0,71	0,62

Tabel 6.5 Besar Reaksi Perletakan Pegas sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi *Friction* (dalam satuan kN)

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1438,45	1577,23	1616,13	1682,32	1714,39	1857,37	1915,28	1915,33	1857,50	1714,51	1682,42	1616,18	1577,26	1438,48
2	1593,14	1749,42	1782,80	1825,90	1858,78	2025,43	2083,29	2083,37	2025,73	1859,01	1826,04	1782,85	1749,46	1593,17
3	1653,07	1781,75	1809,30	1856,05	1881,04	2052,27	2099,16	2099,24	2052,54	1881,18	1856,17	1809,34	1781,79	1653,11
4	1773,93	1901,96	1914,87	1876,22	1848,20	1951,48	1989,71	1989,78	1952,07	1848,85	1876,43	1914,90	1901,98	1773,94
5	1861,23	2011,65	1991,30	1802,29	1648,82	1625,54	1638,41	1638,22	1624,12	1647,50	1801,92	1991,25	2011,62	1861,21
6	1913,19	2062,61	2050,73	1829,97	1628,99	1518,18	1505,31	1505,21	1518,02	1628,94	1829,88	2050,68	2062,58	1913,17
7	1901,92	2059,63	2046,36	1815,67	1626,51	1507,29	1482,67	1482,62	1507,21	1626,45	1815,62	2046,34	2059,60	1901,92
8	1913,19	2062,61	2050,73	1829,97	1629,00	1518,19	1505,31	1505,21	1518,03	1628,93	1829,88	2050,68	2062,58	1913,17
9	1861,23	2011,65	1991,29	1802,29	1648,82	1625,54	1638,41	1638,23	1624,13	1647,50	1801,91	1991,25	2011,62	1861,21
10	1773,93	1901,96	1914,87	1876,22	1848,20	1951,48	1989,71	1989,79	1952,09	1848,83	1876,41	1914,90	1901,98	1773,94
11	1653,06	1781,75	1809,30	1856,05	1881,04	2052,28	2099,15	2099,24	2052,53	1881,20	1856,18	1809,34	1781,79	1653,10
12	1593,13	1749,43	1782,80	1825,90	1858,78	2025,44	2083,28	2083,36	2025,72	1859,03	1826,06	1782,85	1749,47	1593,17
13	1438,46	1577,23	1616,14	1682,33	1714,40	1857,36	1915,26	1915,31	1857,48	1714,52	1682,43	1616,18	1577,26	1438,49

Tabel 6.6 Nilai Penurunan Vertikal sesuai Koordinat Lokasi Perletakan untuk Pondasi *Friction* (dalam satuan cm)

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	1,20	1,32	1,35	1,41	1,43	1,55	1,60	1,60	1,55	1,43	1,41	1,35	1,32	1,20
2	1,33	1,46	1,49	1,53	1,55	1,69	1,74	1,74	1,69	1,55	1,53	1,49	1,46	1,33
3	1,38	1,49	1,51	1,55	1,57	1,72	1,75	1,75	1,72	1,57	1,55	1,51	1,49	1,38
4	1,48	1,59	1,60	1,57	1,54	1,63	1,66	1,66	1,63	1,55	1,57	1,60	1,59	1,48
5	1,56	1,68	1,66	1,51	1,38	1,36	1,37	1,37	1,36	1,38	1,51	1,66	1,68	1,56
6	1,60	1,72	1,71	1,53	1,36	1,27	1,26	1,26	1,27	1,36	1,53	1,71	1,72	1,60
7	1,59	1,72	1,71	1,52	1,36	1,26	1,24	1,24	1,26	1,36	1,52	1,71	1,72	1,59
8	1,60	1,72	1,71	1,53	1,36	1,27	1,26	1,26	1,27	1,36	1,53	1,71	1,72	1,60
9	1,56	1,68	1,66	1,51	1,38	1,36	1,37	1,37	1,36	1,38	1,51	1,66	1,68	1,56
10	1,48	1,59	1,60	1,57	1,54	1,63	1,66	1,66	1,63	1,55	1,57	1,60	1,59	1,48
11	1,38	1,49	1,51	1,55	1,57	1,72	1,75	1,75	1,72	1,57	1,55	1,51	1,49	1,38
12	1,33	1,46	1,49	1,53	1,55	1,69	1,74	1,74	1,69	1,55	1,53	1,49	1,46	1,33
13	1,20	1,32	1,35	1,41	1,43	1,55	1,60	1,60	1,55	1,43	1,41	1,35	1,32	1,20

Dari Tabel 6.4 dan 6.6, dicari penurunan maksimum (δ_{\max}) dan penurunan minimum (δ_{\min}) untuk mencari beda penurunan ($\Delta\delta$).

End Bearing

$$\Delta\delta = \delta_{\max} - \delta_{\min}$$

$$\Delta\delta = 1,00 - 0,62$$

$$\Delta\delta = 0,38 \text{ cm}$$

Friction

$$\Delta\delta = \delta_{\max} - \delta_{\min}$$

$$\Delta\delta = 1,75 - 1,20$$

$$\Delta\delta = 0,55 \text{ cm}$$

Sedangkan batas beda penurunan sesuai NAFVAC DM-7 untuk bangunan beton adalah 0,002 s/d 0,003. Pada perencanaan ini, diambil jarak antar titik perletakan terpendek yaitu 3,05 meter atau 305 cm sebagai jarak beda penurunan. Dengan demikian batas beda penurunannya adalah :

$$\Delta\delta = 0,002 \times 305$$

$$\Delta\delta = 0,61 \text{ cm} \approx 0,6 \text{ cm}$$

Berdasarkan data *displacement* tersebut terlihat bahwa penurunan yang terjadi pada struktur sudah merata, ditunjukkan dengan perbedaan penurunan $< 0,6 \text{ cm}$.

6.2 Perencanaan Pondasi Metode *P-Z Curve*

Berdasarkan hasil reaksi perletakan, didapat nilai penurunan (δ) dari data UZ perletakan. Nilai penurunan aktual yang terjadi dikontrol apakah sudah memiliki penurunan yang merata, dengan perbedaan penurunan yang terjadi maksimal 0,6 cm.

Pada perencanaan ini dikarenakan pondasi yang digunakan berupa pondasi tiang pancang, maka penurunan yang terjadi pada perletakan pegas sudah merata.

6.2.1 Perhitungan Pondasi Metode *P-Z Curve End Bearing*

Dari nilai reaksi perletakan vertikal dicari perkiraan jumlah tiang pancang, dalam hal ini jumlah asumsi *spring* yang dibutuhkan untuk tiap perletakan. Perhitungan jumlah *spring* untuk setiap perletakan ini sama seperti perhitungan jumlah perletakan pada metode konvensional (Subbab 5.2). Nilai reaksi vertikal lalu dibagi dengan Q_{izin} untuk mendapatkan nilai gaya aksial yang diizinkan. Dari nilai P lalu dicari δ dengan grafik pada Gambar 4.20. Jika penurunan yang terjadi (UZ) masih memiliki perbedaan yang cukup besar, maka dilakukan iterasi pembebanan.

Di bawah ini disajikan langkah perhitungan metode *P-Z curve End Bearing* dengan memakai contoh pada perletakan D13 (joint label 4) dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$.

Reaksi perletakan = $FZ = 1633,15 \text{ kN}$

Penurunan yang terjadi = $UZ = 7,535 \text{ mm} = 0,75 \text{ cm}$

$Q_{izin} = 1138 \text{ kN}$

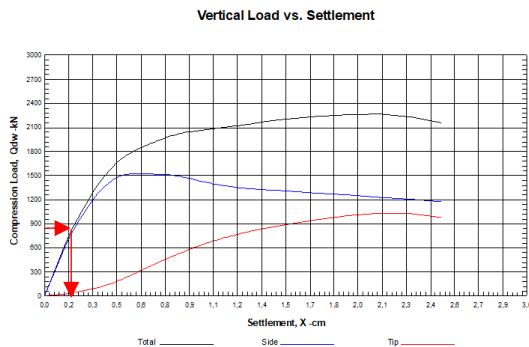
Jumlah perkiraan kebutuhan *spring* (tiang)

$$\begin{aligned} n &= \text{Reaksi perletakan} / Q_{izin} \\ &= 1633,15 / 1138 \\ &= 1,43 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Gaya vertikal yang ditanggung oleh 1 *spring* (P)

$$\begin{aligned} P &= FZ / n \\ &= 1633,15 / 2 \\ &= 816,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari nilai P tersebut, dicari nilai *settlement* δ dari grafik *load-settlement* untuk *end bearing* pada Gambar 4.20 dengan cara plot nilai P (dalam kN) lalu ditarik garis sampai kurva *load-settlement* warna hitam. Setelah itu, ditarik garis ke bawah untuk mendapat nilai *settlement* δ (dalam cm).



Didapat untuk $P = 816,57 \text{ kN}$ maka $\delta = 0,207 \text{ cm} = 0,00207 \text{ m}$.

Mencari nilai K

Setelah didapatkan P dan δ , maka dicari nilai konstanta pegas (K) dari perletakan D13. Nilai K dihitung dengan persamaan :

$$K = \frac{P}{\delta}$$

$$K = \frac{816,57}{0,00207}$$

$$K = 394535 \text{ kN/m}$$

Nilai K di atas adalah nilai K baru yang harus dimasukkan untuk perletakan D13. Pada saat dimasukkan sebagai *input* ETABS, maka nilai K yang dipakai adalah nilai K yang dikalikan dengan jumlah *spring* sehingga :

$$K_{D13} = n \cdot K$$

$$K_{D13} = 2 \cdot 394535$$

$$K_{D13} = 789071 \text{ kN/m}$$

Jadi nilai K yang di-*input*-kan ke ETABS untuk perletakan D13 adalah $K = 789071 \text{ kN/m}$.

Perhitungan konstanta pegas baru di atas dilakukan pada semua titik perletakan. Setelah *input* semua nilai K baru pada ETABS, dilakukan analisis struktur. Dari analisis struktur didapat nilai reaksi perletakan vertikal (FZ) yang baru dan nilai *displacement* vertikal/ penurunan (UZ) yang baru.

Dari nilai FZ dan UZ baru, dilakukan kontrol apakah *settlement* yang terjadi sudah memenuhi syarat beda penurunan $< 0,6 \text{ cm}$ atau belum. Jika belum memenuhi syarat, maka harus dilakukan iterasi

pembebanan dengan menambah jumlah beban pada sisi tepi gedung dan mengurangi beban pada tengah gedung.

Pada iterasi ini, didapat beda penurunan sebesar 0,29 cm, sehingga memenuhi syarat beda penurunan $<0,6$ cm dan tidak perlu dilakukan modifikasi pada struktur gedung.

Setelah beda penurunan terpenuhi, selanjutnya dilakukan iterasi untuk kontrol apakah dengan nilai konstanta pegas sekian menghasilkan nilai reaksi perletakan yang konstan/ tidak mengalami perubahan yang besar. Cara perhitungannya sama seperti di atas sampai mendapatkan nilai K baru dan dilakukan analisis struktur menggunakan ETABS. Dari sini didapat nilai reaksi perletakan FZ. Nilai P dari FZ baru tersebut dikontrol apakah memiliki nilai yang sama dengan nilai P pada iterasi sebelumnya. Toleransi untuk perbedaan nilai P diambil sebesar 5% dari nilai P pada iterasi sebelumnya.

Iterasi dilakukan secara terus menerus sampai didapat beda penurunan memenuhi syarat (merata) dan reaksi perletakan yang terjadi sama. Pada LAMPIRAN E disajikan contoh tabel untuk mencari konstanta pegas baru yang pertama dan iterasi untuk $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$ tipe *end bearing* perletakan A1 s/d B13.

6.2.2 Perhitungan Pondasi Metode *P-Z Curve Friction*

Perhitungan pada metode *friction* hampir sama seperti pada metode *end bearing* pada Subbab 6.2.1. Perbedaan perhitungan terletak pada poin berikut ini :

1. Nilai Q_{izin} untuk perhitungan jumlah *spring* dan nilai P, seperti yang disajikan pada Tabel 4.9 dan Tabel 6.5.
2. Grafik *load-settlement* yang digunakan. Pada metode *friction*, grafik yang digunakan adalah Gambar 4.21.
3. Nilai *settlement* yang digunakan untuk perhitungan konstanta pegas baru (K) diambil dari nilai *immediate settlement* (dari grafik *load-settlement* Gambar 6.2)

ditambah dengan penurunan jangka panjang (*creep*).
Sehingga :

$$K = \frac{P}{\delta_{immediate} + creep}$$

Perhitungan Penurunan Jangka Panjang *Creep*

$$p(t) = p_o + \frac{d_i \cdot U \cdot e^{V.R}}{w} \cdot t^w$$

p_o = penurunan seketika/ immediate settlement

p_o didapat dari nilai UZ ETABS.

$$\frac{d_i \cdot U \cdot e^{V.R}}{w} \cdot t^w = p(t) - p_o = creep$$

$$\begin{aligned} d &= 60 \text{ cm} \\ &= 60 / 2,54 \\ &= 23,62 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$U = 8 \times 10^{-6}$$

$$V = 3 \times 10^{-2}$$

$$R = load \text{ ratio } (0,3; 0,5; 0,7; 0,9)$$

$$w = 0,41$$

t = waktu penurunan jangka panjang, diambil dari umur rencana bangunan yaitu 50 tahun

$$= 50 \times 365 \times 24 \times 60$$

$$= 26280000 \text{ menit}$$

Sehingga untuk perhitungan 0,3 Ultimate

$$p(t) - p_o = \frac{23,62 \cdot 0,000008 \cdot e^{0,03 \cdot 0,3}}{0,41} \cdot 26280000^{0,41}$$

$$= 1,301 \text{ inch}$$

$$= 3,306 \text{ cm}$$

Perhitungan *creep* untuk semua rasio beban disajikan pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7 Perhitungan Penurunan *Creep*

di	di	U	V	R	w	t	t	$\rho(t) - \rho_0$	$\rho(t) - \rho_0$
(cm)	(inch)					(tahun)	(menit)	(inch)	(cm)
60	23,62205	0,000008	0,03	0,3	0,41	50	26280000	1,301405	3,306
60	23,62205	0,000008	0,03	0,5	0,41	50	26280000	1,309237	3,325
60	23,62205	0,000008	0,03	0,7	0,41	50	26280000	1,317116	3,345
60	23,62205	0,000008	0,03	0,9	0,41	50	26280000	1,325042	3,366

Pada LAMPIRAN E disajikan contoh tabel untuk mencari konstanta pegas baru yang pertama dan iterasi untuk $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$ tipe *friction* perletakan A1 s/d B13.

6.3 Perhitungan Grup Tiang Pancang

Berdasarkan perhitungan iterasi pembebanan, diketahui jumlah perkiraan kebutuhan tiang pancang (*spring*), lalu dilakukan perhitungan grup tiang pancang. Pada perencanaan metode *P-Z curve* ini, dipakai konfigurasi dan perhitungan yang sama dengan metode konvensional seperti yang dijelaskan pada Subbab 5.3.

Perbedaan perhitungan grup tiang pancang dengan metode konvensional adalah tidak adanya kontrol momen dan defleksi (Subbab 5.3.6), karena pada perencanaan metode *P-Z curve* ini perletakannya berupa pegas sehingga tidak menghasilkan reaksi perletakan horizontal dan momen. Hal ini menyebabkan nilai momen dan defleksi pada tiang pancang diasumsikan nol.

Setelah dilakukan perhitungan grup tiang pancang, maka didapat revisi jumlah tiang pancang (*spring*). Dari revisi jumlah tiang pancang tersebut dilakukan Setelah dilakukan kontrol grup tiang pancang dari jumlah *spring* yang sudah memenuhi persyaratan grup tiang pancang, diperoleh jumlah *spring*/ tiang pancang yang dipakai untuk metode perencanaan ini. Contoh tabel

[illegible]

Tabel 6.10 Jumlah Tiang Pancang Metode *P-Z Curve End bearing* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

[illegible]

Tabel 6.11 Jumlah Tiang Pancang Metode *P-Z Curve End bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

[illegible]

Tabel 6.12 Jumlah Tiang Pancang Metode *P-Z Curve Friction*
dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	6	8	8	8	8	9	9	9	9	8	8	8	8	6
2	8	10	10	10	10	12	12	12	12	10	10	10	10	8
3	8	10	10	10	10	12	12	12	12	10	10	10	10	8
4	8	10	10	10	9	11	11	11	11	9	10	10	10	8
5	9	12	11	9	7	7	8	8	7	7	9	11	12	9
6	9	12	12	10	7	7	8	8	7	7	10	12	12	9
7	9	12	12	9	7	8	8	8	8	7	9	12	12	9
8	9	12	12	10	7	7	8	8	7	7	10	12	12	9
9	9	12	11	9	7	7	8	8	7	7	9	11	12	9
10	8	10	10	10	9	11	11	11	11	9	10	10	10	8
11	8	10	10	10	10	12	12	12	12	10	10	10	10	8
12	8	10	10	10	10	12	12	12	12	10	10	10	10	8
13	6	8	8	8	8	9	9	9	9	8	8	8	8	6

Tabel 6.13 Jumlah Tiang Pancang Metode *P-Z Curve Friction*
dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	4	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5	4
2	5	5	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	5	5
3	5	6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	5
4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5
5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
6	6	7	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	7	6
7	6	7	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	7	6
8	6	7	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	7	6
9	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
10	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5
11	5	6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	5
12	5	5	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	5	5
13	4	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5	4

Tabel 6.14 Jumlah Tiang Pancang Metode *P-Z Curve Friction*
dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
2	3	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	3
3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4
5	4	5	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	5	4
6	4	5	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	5	4
7	4	5	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	5	4
8	4	5	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	5	4
9	4	5	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	5	4
10	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4
11	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4
12	3	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	3
13	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3

Tabel 6.15 Jumlah Tiang Pancang Metode *P-Z Curve Friction*
dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

AXIS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	2
3	2	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	2
4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3
5	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3
6	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3
7	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3
8	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3
9	3	4	4	3	2	2	2	2	2	2	3	4	4	3
10	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3
11	2	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	2
12	2	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	2
13	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2

6.4 Perbandingan Perilaku Struktur Atas Metode Konvensional dan Metode *P-Z Curve*

Perencanaan pondasi metode *P-Z curve* ini memperhatikan penurunan tanah karena diasumsikan berada di atas tanah lunak yang elastis. Secara teoritis momen yang terjadi pada struktur atas pada metode ini menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan metode konvensional (Lastiasih dan Mochtar, 2004). Oleh karena itu, harus dilakukan kontrol terhadap struktur atas, khususnya balok. Kontrol yang dilakukan meliputi kontrol defleksi dan retak. Pada subbab ini dilakukan perbandingan momen, defleksi, dan retak pada metode konvensional dan metode *P-Z curve*.

6.4.1 Momen Balok yang Terjadi

Momen balok yang terjadi pada semua metode perencanaan diambil dari hasil analisis ETABS. Untuk perbandingan, dilihat momen maksimum yang terjadi untuk masing-masing metode perencanaan. Besarnya momen maksimum yang terjadi disajikan pada Tabel 6.13.

Tabel 6.16 Momen maksimum yang Terjadi pada Balok untuk Masing-masing Metode Perencanaan

Metode	Momen	
	(kN.m)	(N.mm)
Konvensional End Bearing	95,1182	95118200
Konvensional Friction	95,1182	95118200
P-Z Curve End Bearing 0,3 Ult	96,5855	96585500
P-Z Curve End Bearing 0,5 Ult	150,8209	150820900
P-Z Curve End Bearing 0,7 Ult	95,9423	95942300
P-Z Curve End Bearing 0,9 Ult	122,4656	122465600
P-Z Curve Friction 0,3 Ult	111,4931	111493100
P-Z Curve Friction 0,5 Ult	156,3812	156381200
P-Z Curve Friction 0,7 Ult	160,7233	160723300
P-Z Curve Friction 0,9 Ult	124,2887	124288700

Dari Tabel 6.16, momen terbesar yang terjadi pada masing-masing metode perencanaan memiliki nilai yang hampir sama. Secara umum, momen pada metode *P-Z curve* lebih besar daripada momen pada metode konvensional.

6.4.2 Kontrol Defleksi Balok

Kontrol defleksi dilakukan pada balok struktur atas setelah dimasukkan konstanta pegas iterasi terakhir. Setelah dilakukan analisis struktur dengan konstanta pegas tersebut, dicek defleksi yang terjadi pada balok. Defleksi yang terbesar terjadi pada balok yang terletak di portal pada sumbu B, C, 11, atau 12 (Gambar 6.1). Pada program ETABS, dilakukan cek defleksi balok pada portal tersebut. Pengecekan defleksi dilakukan pada balok yang memiliki panjang yang sama, lalu dipilih defleksi terbesar untuk kontrol.



Gambar 6.1 Portal yang Memiliki Defleksi Terbesar

Kontrol untuk defleksi sesuai SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1 yaitu kurang dari $L/480$ dengan L = panjang balok.

Besarnya defleksi yang diizinkan untuk tiap panjang balok adalah sebagai berikut :

- a. Balok 5000 mm = $5000/480 = 10,417$ mm
- b. Balok 4800 mm = $4800/480 = 10$ mm
- c. Balok 4450 mm = $4450/480 = 9,271$ mm
- d. Balok 3400 mm = $3400/480 = 7,083$ mm
- e. Balok 3050 mm = $3050/480 = 6,354$ mm

Perhitungan defleksi untuk semua metode perencanaan disajikan pada Tabel 6.14 s/d 6.22.

Tabel 6.17 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode Konvensional

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,344	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,417	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,229	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,053	7,083	OK
3050	Atap	B69 - axis 11	0,069	6,354	OK

Tabel 6.18 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve* End bearing dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,409	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,51	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,234	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,054	7,083	OK
3050	Atap	B69 - axis 11	0,053	6,354	OK

Tabel 6.19 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve*
End bearing dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,415	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,522	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,223	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,06	7,083	OK
3050	Atap	B69 - axis 11	0,066	6,354	OK

Tabel 6.20 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve*
End bearing dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,41	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,536	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,225	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,039	7,083	OK
3050	Atap	B69 - axis 11	0,062	6,354	OK

Tabel 6.21 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve*
End bearing dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,406	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,524	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,261	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,065	7,083	OK
3050	Atap	B69 - axis 11	0,038	6,354	OK

Tabel 6.22 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve Friction* dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,409	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,511	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,23	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,052	7,083	OK
3050	Atap	B56 - axis 12	0,057	6,354	OK

Tabel 6.23 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve Friction* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,412	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,526	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,226	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,063	7,083	OK
3050	Atap	B56 - axis 12	0,065	6,354	OK

Tabel 6.24 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve Friction* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

Panjang Balok	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi	Defleksi yang Diizinkan	Kontrol
(mm)			(mm)	(mm)	
5000	1	B312 - axis B	0,405	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,526	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,232	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,064	7,083	OK
3050	Atap	B56 - axis 12	0,062	6,354	OK

Tabel 6.25 Defleksi Balok yang Terjadi pada Metode *P-Z Curve* Friction dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

Panjang Balok (mm)	Lantai	Kode Balok	Defleksi Terbesar yang Terjadi (mm)	Defleksi yang Diizinkan (mm)	Kontrol
5000	1	B312 - axis B	0,41	10,417	OK
4800	1	B316 - axis B	0,512	10,000	OK
4450	10	B301 - axis C	0,222	9,271	OK
3400	10	B303 - axis C	0,052	7,083	OK
3050	Atap	B56 - axis 12	0,07	6,354	OK

Dari Tabel 6.14 s/d 6.22, diketahui defleksi pada balok metode konvensional secara umum lebih kecil daripada defleksi pada balok metode *P-Z curve*.

6.4.3 Kontrol Retak Balok

Kontrol retak dilakukan dengan menghitung jumlah tulangan yang diperlukan oleh balok terlebih dahulu. Momen yang dipakai untuk perhitungan momen adalah momen terbesar yang terjadi pada seluruh balok pada struktur gedung.

Perhitungan Kebutuhan Tulangan Lentur

Metode *P-Z Curve End Bearing* $0,5 Q_{ult}$

$$M_{\max} = 150,8209 \text{ kN.m}$$

Dimensi balok : 40 x 60

Tebal decking (d') = 40 mm (SNI 2847-2013)

Tulangan longitudinal (ϕ) = 16 mm

Tulangan sengkang (D) = 12 mm

Mutu tulangan (f_y) = 400 MPa

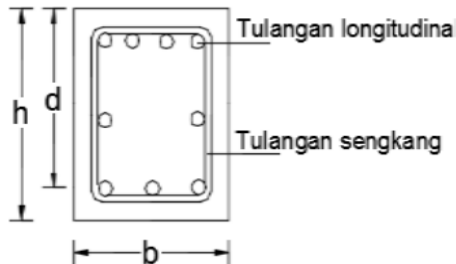
Mutu beton (f'_c) = 30 MPa

Tebal efektif (d) = $h - (d' + \phi + \frac{1}{2}.D)$

$$= 600 - (40 + 16 + \frac{1}{2} \cdot 12)$$

$$= 540 \text{ mm}$$

Keterangan jarak untuk perhitungan tulangan dapat dilihat pada Gambar 6.4.



Gambar 6.2 Diagram Penulangan Lentur Balok

Menentukan β_1

Jika $f'_c \leq 30 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0,85$

Jika $f'_c > 30 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \cdot \frac{(f'_c - 28)}{7}$

Karena $f'_c = 30 \text{ MPa}$, maka $\beta_1 = 0,85$

Menentukan batas rasio tulangan ρ

- $\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$
 $\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$
 $\rho_b = 0,032153$
- $\rho_{max} = 0,025$
- $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
 $\rho_{max} = 0,75 \cdot 0,032153$
 $\rho_{max} = 0,024384$
- $\rho_{min} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'_c}}{f_y}$

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{30}}{400}$$

$$\rho_{min} = 0,003423$$

- $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{400}$$

$$\rho_{min} = 0,0035$$

Untuk ρ_{min} dipilih yang terbesar dan ρ_{max} dipilih yang terkecil sehingga dipakai :

- $\rho_{max} = 0,0243$

- $\rho_{min} = 0,0035$

Menentukan nilai m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot \frac{f'_c}{400}}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot 30}$$

$$m = 15,69$$

Menentukan nilai Rn

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

Untuk $Mu = M_{max} = 150,8209 \text{ kN.m} = 150820900 \text{ Nmm}$

dan $\phi = 0,9$ (struktur lentur/ tarik)

sehingga :

$$Rn = \frac{86760500}{0,9 \cdot 400 \cdot 540^2}$$

$$Rn = 1,44 \text{ MPa}$$

Menghitung nilai ρ

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,44}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0037$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

Sehingga dipakai $\rho = 0,0037$

Menentukan luas tulangan perlu (As)

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As = 0,0037 \cdot 400 \cdot 540$$

$$As = 799 \text{ mm}^2$$

Menentukan jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2}$$

$$n = \frac{563,927}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2}$$

$$n = 3,97 \approx 4 \text{ buah}$$

Jadi jumlah tulangan lentur dengan diameter 16 mm minimal adalah 4 buah.

Kontrol Retak Balok

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah tulangan balok yang telah didapat di atas, langkah selanjutnya adalah menghitung lebar retak. Berdasarkan SNI-2847- 2002 pasal 12.6, nilai lebar retak izin adalah 0,3 mm untuk penampang luar ruangan dan 0,4 mm untuk penampang dalam ruangan.

Berikut contoh perhitungan retak pada balok :

$$\omega = 11 \cdot 10^6 \cdot \beta \cdot f_s \times \sqrt[3]{d_c \cdot A} < 0,3 \text{ mm (balok interior)}$$

β = untuk balok diambil nilai 1,2

$$d_c = h - d = 600 - 540 = 60 \text{ mm} = 0,06 \text{ m}$$

Nilai tegangan kerja tulangan (f_s)

$$f_s = 0,6 f_y = 0,6 \times 400 = 240 \text{ MN/m}^2$$

Besar luas efektif tulangan pasang

$$\begin{aligned} A &= n \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \right) = 4 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,016^2 \right) \\ &= 0,000804 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Besar gaya yang terjadi pada tulangan

$$\begin{aligned} z &= f_s \times \sqrt[3]{d_c \cdot A} = 240 \cdot \sqrt[3]{0,06 \cdot 0,000804} \\ &= 8,74 \text{ MN/m}^2 < 30 \text{ MN/m}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Besar lebar retak

$$\begin{aligned} \omega &= 11 \cdot 10^6 \cdot \beta \cdot z \\ &= 11 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 8,74 \\ &= 0,0001153 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0,1153 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Untuk lebar retak yang terjadi pada balok induk lantai dasar adalah sebesar 0,1048 mm, dimana lebar retak ini masih memenuhi lebar retak izin pada balok sesuai dengan ketentuan yang berlaku pada peraturan SNI 2847-2002 pasal 12.6.

Pada Tabel 6.26 disajikan perhitungan tulangan untuk masing-masing metode. Tabel 6.27 menampilkan perhitungan untuk kontrol retak.

Tabel 6.26 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Metode	Story	Beam	M ₃ (kN.m)	Momen (N.m)	Dimensi (cm x cm)	d' (mm)	Φ (mm)	D (mm)	f _y (Mpa)	f _c (Mpa)	d (mm)	β ₁	ρ _b	ρ _{min}	ρ _{max}	m	R _n (Mpa)	ρ	ρ _{pakai}	A _s (mm ²)	A' (mm ²)	n (bush)		
Konvensional End Bearing		Lantai 5	B121	95,1182	95118200	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	0,9061	0,00231	0,0035	756	201,0619	3,76	4
Konvensional Friction		Lantai 5	B121	95,1182	95118200	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	0,9061	0,00231	0,0035	756	201,0619	3,76	4
P-Z Curve End Bearing 0,3 Ult		Lantai 5	B121	96,5855	96585500	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	0,9201	0,00234	0,0035	756	201,0619	3,76	4
P-Z Curve End Bearing 0,5 Ult		Lantai 5	B121	150,8209	150820900	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	1,4367	0,0037	0,0037	799,009	201,0619	3,97	4
P-Z Curve End Bearing 0,7 Ult		Lantai 5	B122	95,9423	95942300	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	0,9139	0,00233	0,0035	756	201,0619	3,76	4
P-Z Curve End Bearing 0,9 Ult		Lantai 5	B101	122,4656	122465600	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	1,1666	0,00299	0,0035	756	201,0619	3,76	4
P-Z Curve Friction 0,3 Ult		Lantai 5	B121	111,4931	111493100	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	1,0621	0,00271	0,0035	756	201,0619	3,76	4
P-Z Curve Friction 0,5 Ult		Lantai 5	B121	156,3812	156381200	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	1,4897	0,00384	0,00384	829,409	201,0619	4,13	5
P-Z Curve Friction 0,7 Ult		Lantai 4	B199	160,7233	160723300	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	1,5310	0,00395	0,00395	853,198	201,0619	4,24	5
P-Z Curve Friction 0,9 Ult		Lantai 5	B121	124,2887	124288700	40 x 60	40	16	12	400	30	540	0,85	0,03251	0,0244	0,0035	15,686	1,1840	0,00303	0,0035	756	201,0619	3,76	4

Tabel 6.27 Perhitungan untuk Kontrol Retak

β ₁	f _s	d _c	A	z	Kontrol z	ω	ω	Kontrol Retak
(balok)	(Mpa)	(m)	(m ²)	(MN/m ²)	<30 MN/m ²	(m)	(mm)	<0,3 mm
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK
1,2	240	0,06	0,001005	9,412282	OK	0,000124	0,124242	OK
1,2	240	0,06	0,001005	9,412282	OK	0,000124	0,124242	OK
1,2	240	0,06	0,000804	8,737589	OK	0,000115	0,115336	OK

6.4.4 Perilaku Struktur Atas

Dari hasil perhitungan pondasi, momen, defleksi, dan retak pada semua metode perencanaan, dapat diambil kesimpulan untuk perilaku struktur atas gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR sebagai berikut :

1. Pada struktur gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR yang berbentuk tidak simetris ini, tidak perlu dilakukan iterasi pembebanan dikarenakan konfigurasi struktur yang menyebabkan penurunan merata setelah dilakukan perhitungan nilai konstanta pegas baru dengan metode *P-Z curve*.
2. Dari konfigurasi struktur yang demikian, momen yang terjadi pada metode konvensional (dengan perletakan jepit) dan metode *P-Z curve* (dengan perletakan pegas) tidak memiliki perbedaan yang jauh, walaupun secara umum momen pada metode *P-Z curve* lebih besar daripada momen pada metode konvensional.
3. Karena nilai momen yang hampir sama, perhitungan tulangan pada kedua metode menghasilkan jumlah kebutuhan tulangan yang sama dan nilai lebar retak yang sama.
4. Defleksi yang terjadi pada metode *P-Z curve* lebih besar daripada momen pada metode konvensional.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII ANALISIS BIAYA

7.1 Rancangan Anggaran Biaya

Berdasarkan hasil analisis struktur atas dan perencanaan pondasi maka didapatkan dimensi struktur atas dan jumlah kebutuhan pondasi tiang pancang untuk masing-masing metode perencanaan pondasi. Dari hasil dimensi dan jumlah pondasi maka dilakukan perhitungan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan gedung modifikasi Puncak MERR Surabaya sesuai metode perencanaan yang digunakan.

7.1.1 Perhitungan Biaya Struktur Atas

Untuk struktur atas gedung, biaya yang dihitung adalah biaya bahan yang digunakan untuk pembangunan struktur pelat, balok anak, balok induk, dan kolom. Bahan yang digunakan adalah beton bertulang. Metode pelaksanaan seperti alat yang digunakan dan bekisting tidak dihitung. Acuan untuk harga beton untuk perhitungan biaya ini adalah HSPK Kota Surabaya 2018.

Item HSPK yang digunakan sesuai dengan jenis mutu beton yang digunakan. Untuk beton dengan mutu $f'_c = 30$ MPa maka digunakan item pekerjaan dengan mutu yang mendekati yaitu HSPK 2018 nomor 24.03.01.10 (Pekerjaan Beton K-300) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1 HSPK 2018 untuk Pekerjaan Beton K-300

24.03.01.10	Pekerjaan Beton K-300		m3	SNI 7394:2008	
	Upah:				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,0282286	Orang Hari	171.000	4.827
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1,6658855	Orang Hari	145.000	241.553
	Bahan:			Jumlah:	289.664
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	10,325	Zak	58.500	604.013
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,425625	M3	272.500	115.983
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,5373684	M3	278.000	149.388
23.02.02.02.01.F	Biaya Air	215	Liter	6	1.290
				Jumlah:	870.674
				Nilai HSPK :	1.160.338

(Sumber: HSPK Kota Surabaya 2018)

Dari Tabel 7.1 didapat harga untuk pekerjaan beton K-300 adalah Rp. 1.160.338/ m³ volume beton. Untuk mutu beton $f'_c = 45$ MPa, dikarenakan tidak ada item pekerjaan untuk beton yang setara dengan mutu beton f'_c 45 Mpa atau K-450 pada HSPK Kota Surabaya 2018, maka dilakukan modifikasi dan didapat harga untuk pekerjaan beton K-450 adalah Rp. 1.381.964/ m³.

Contoh perhitungan biaya untuk masing-masing elemen struktur atas secara detail deijelaskan sebagai berikut :

1. Untuk elemen kolom dan balok

Contoh : Kolom 1 (L = 3,5 m)

Mutu beton : 45 MPa

Dimensi : 60 cm x 60 cm

Panjang : 3,5 m = 350 cm

Jumlah balok 1 dengan panjang 350 cm : 88 buah

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= \text{dimensi} \times \text{panjang} \times \text{jumlah} \\ &= 60 \times 60 \times 350 \times 88 \\ &= 110.880.000 \text{ cm}^3 \\ &= 110,88 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Harga satuan : Rp 1.381.964,-/ m³

$$\begin{aligned}\text{Biaya} &= \text{volume} \times \text{harga satuan} \\ &= 110,88 \times \text{Rp. 1.381.964,-} \\ &= \text{Rp. 153.232.168,-}\end{aligned}$$

2. Untuk elemen pelat

Contoh : Pelat 1 (Tebal = 15 cm)

Mutu beton : 30 Mpa

Luas pelat : 31.347.900 cm²

Tebal : 15 cm

Jumlah lantai : 3 lantai

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= \text{luas} \times \text{tebal} \times \text{jumlah lantai} \\ &= 31.347.900 \times 15 \times 3 \\ &= 1410655500 \text{ cm}^3 \\ &= 1410,6555 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Harga satuan : Rp 1.160.338,-/ m³

Biaya
 = volume x harga satuan
 = 1410,6555 x Rp. 1.160.338,-
 = Rp. 1.636.837.182,-

Rekapitulasi hasil perhitungan untuk semua elemen struktur atas dapat dilihat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Perhitungan Biaya untuk Semua Elemen Struktur Atas

BIAYA MATERIAL BETON STRUKTUR ATAS							
Elemen	Dimensi	Panjang/ tebal	Jumlah	Volume	Volume	Harga Satuan	Biaya
	(cm x cm)	L (cm)	n	cm ³	cm ³	Rp/m ³	Rp
Kolom 1	60 x 60	350	88	110880000	110,88	Rp 1.381.964	Rp 153.232.168
		300	264	285120000	285,12	Rp 1.381.964	Rp 394.025.576
Kolom 2	55 x 55	350	46	48702500	48,7025	Rp 1.381.964	Rp 67.305.102
		300	714	647955000	647,955	Rp 1.381.964	Rp 895.450.484
Kolom 3	50 x 50	350	16	14000000	14	Rp 1.381.964	Rp 19.347.496
		300	384	288000000	288	Rp 1.381.964	Rp 398.005.632
Balok 1	40 x 60	305	120	87840000	87,84	Rp 1.160.338	Rp 101.924.090
		340	420	342720000	342,72	Rp 1.160.338	Rp 397.671.039
		445	112	119616000	119,616	Rp 1.160.338	Rp 138.794.990
		480	880	1013760000	1013,76	Rp 1.160.338	Rp 1.176.304.251
		500	836	1003200000	1003,2	Rp 1.160.338	Rp 1.164.051.082
Balok 2	35 x 50	305	106	56577500	56,5775	Rp 1.160.338	Rp 65.649.023
		340	174	103530000	103,53	Rp 1.160.338	Rp 120.129.793
		445	124	96565000	96,565	Rp 1.160.338	Rp 112.048.039
		480	308	258720000	258,72	Rp 1.160.338	Rp 300.202.647
		500	201	175875000	175,875	Rp 1.160.338	Rp 204.074.446
Balok Anak	30 x 40	445	40	21360000	21,36	Rp 1.160.338	Rp 24.784.820
		480	500	288000000	288	Rp 1.160.338	Rp 334.177.344
		500	80	48000000	48	Rp 1.160.338	Rp 55.696.224
Pelat 0	31347900	20	1	626958000	626,958	Rp 1.160.338	Rp 727.483.192
Pelat 1	31347900	15	3	1410655500	1410,6555	Rp 1.160.338	Rp 1.636.837.182
Pelat 2	22360000	15	6	2012400000	2012,4	Rp 1.160.338	Rp 2.335.064.191
Pelat 3	27347900	15	1	410218500	410,2185	Rp 1.160.338	Rp 475.992.114
Pelat 4	4000000	15	1	60000000	60	Rp 1.160.338	Rp 69.620.280
Total Biaya =							Rp 11.367.871.204

Berdasarkan hasil analisis untuk berbagai metode perencanaan pondasi, tidak ada perubahan dimensi struktur atas. Sehingga untuk semua metode perencanaan, biaya untuk struktur atas sama yaitu Rp. 11.367.871.204,-.

7.1.2 Perhitungan Biaya Pondasi

Untuk pondasi, biaya yang dihitung adalah harga tiang pancang yang dibutuhkan, biaya pemancangan, dan biaya pengelasan jika diperlukan lebih dari satu tiang pancang pada satu titik. Harga tiang pancang didapat dari hasil penelusuran referensi dan didapat harga Rp. 6.700.000,- untuk satu batang tiang pancang 16 meter. Acuan untuk biaya pemancangan adalah RAB pembangunan gedung di Bandung (Tabel 7.3) dan acuan untuk biaya pengelasan adalah HSPK Kota Surabaya 2018 (Tabel 7.4).

Tabel 7.3 Acuan Biaya untuk Pekerjaan Pemancangan

No	Uraian	Satuan	Volume	Biaya Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	2	3	4	5	6
A	Pekerjaan Tanah				Rp 33.944.776,13
1	Galian tanah pile cap	m ³	748,5443	Rp 45.347,72	Rp 33.944.776,13
B	Pekerjaan Pondasi				Rp 2.379.275.331,42
1	Pemancangan	m'		Rp 411.903,31	Rp 1.093.603.296,69
2	Pemotongan pile head	m'		Rp 271.570,05	Rp 72.101.848,28
3	Pembuatan lantai kerja 10 cm	m ³	18,71361	Rp 597.111,28	Rp 11.174.105,38
4	Bekisting pile cap	m ²	50,13036	Rp 204.627,45	Rp 10.258.047,48
5	Pembesian pile cap	kg	52091,01	Rp 14.480,90	Rp 754.324.913,03
6	Pengecoran beton f'c 30 MPa	m ³	336,8449	Rp 1.299.746,87	Rp 437.813.120,57

(Sumber: RAB Pembangunan RSU Bandung)

Tabel 7.4 Acuan Biaya untuk Pekerjaan Pengelasan

24.03.02.02	Pekerjaan Pengelasan		cm	SNI	
	Upah:				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,0002016	Orang Hari	171.000	34
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,0020179	Orang Hari	156.000	315
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,0040385	Orang Hari	145.000	586
	Bahan:			Jumlah:	935
20.01.01.14.01.F	Electrode Las	0,04	Kg	59.000	2.360
20.01.02.01.01.F	Solar	0,03	Liter	5.500	165
20.01.02.01.04.F	Minyak Pelumas	0,004	Liter	27.100	108
				Jumlah:	2.633
				Nilai HSPK :	3.568

(Sumber: HSPK Kota Surabaya 2018)

Cara perhitungan untuk pondasi tiang pancang ini dibagi menjadi 2 macam yaitu perhitungan untuk pondasi end bearing dan

perhitungan untuk pondasi friction. Perbedaannya terletak pada jumlah batang yang tertanam tiap titik pondasi dan adanya pengelasan untuk sambungan antar batang tiang pancang.

Langkah perhitungan biaya pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan Biaya Pondasi *End Bearing*

Contoh perhitungan untuk jenis pondasi *end bearing* (metode konvensional)

Diameter tiang pancang : 60 cm = 0,6 m

Jumlah titik : 644 titik

Panjang tiap titik : 21 meter

Jumlah batang tiap titik : karena ketersediaan panjang tiang pancang per batang di pasaran (*WIKASpun pile*) adalah 16 m maka kebutuhan untuk jenis *end bearing* 21 m adalah 2 batang.

Jumlah kebutuhan batang = jumlah titik x 2
 = 644 x 2
 = 1288 batang

Panjang tertanam = jumlah titik x panjang tiang
 = 644 x 21
 = 13524 m

Jumlah sambungan tiang = jumlah batang per titik – 1
 = 2 – 1
 = 1 sambungan/ titik

Panjang pemotongan = Panjang sisa tiang pancang yang tidak tertanam x jumlah titik
 = (16-(21-16)) x 644
 = 3220 m

Harga tiang (a) = Rp. 6.700.000,-/ batang

Biaya pemancangan (b) = Rp. 411.903,-/ meter

Biaya pengelasan = Rp. 3.568,-/ cm

Biaya pengelasan untuk satu titik sambungan tiang (antara 2 batang tiang pancang) (c) = Keliling tiang pancang x harga
 $= \pi \cdot D \times \text{harga}$
 $= \pi \cdot 60 \times \text{Rp. } 3.568,-$
 $= \text{Rp. } 672.552,-$

Biaya pemotongan (d) = Rp 271.570,-/ meter

Biaya total = {Jumlah tiang x (a)} + {Panjang tertanam x (b)}
 + {Jumlah sambungan x jumlah titik x (c)} +
 {Panjang pemotongan x (d)}
 $= \{1288 \times \text{Rp. } 6.700.000,-\} + \{13524 \times \text{Rp. } 411.903,-\} + \{1 \times 644 \times \text{Rp. } 672.552,-\} +$
 $\{3220 \times \text{Rp } 271.570,-\}$
 $= \text{Rp. } 16.557.101.640,-$

Jadi biaya untuk pondasi tiang pancang metode konvensional jepit *end bearing* adalah sebesar Rp. 16.557.101.640,-.

2. Perhitungan Biaya Pondasi *Friction*

Contoh perhitungan untuk jenis pondasi *friction* (metode *P-Z Curve 0,5 Q_{ult}*)

Diameter tiang pancang : 60 cm = 0,6 m

Jumlah titik : 1034 titik

Panjang tiap titik : 16 meter

Jumlah batang tiap titik : karena ketersediaan panjang tiang pancang per batang di pasaran (WIKI *spun pile*) adalah 16 m maka kebutuhan untuk jenis *friction* 16 m adalah 1 batang.

Jumlah kebutuhan batang = jumlah titik x 1
 $= 1034 \times 1$
 $= 1034 \text{ batang}$

Panjang tertanam = jumlah titik x panjang tiang
 $= 1034 \times 16$
 $= 16544 \text{ m}$

Jumlah sambungan tiang : karena hanya memerlukan satu batang untuk tiap titik maka tidak diperlukan sambungan las pada tiang.

Harga tiang (**a**) = Rp. 6.700.000,-/ batang

Biaya pemancangan (**b**) = Rp. 411.903,-/ meter

$$\begin{aligned}\text{Biaya total} &= \{\text{Jumlah tiang} \times (a)\} + \{\text{Panjang tertanam} \times (b)\} \\ &= \{1034 \times \text{Rp. } 6.700.000,-\} + \{16544 \times \text{Rp. } 411.903,-\} \\ &= \text{Rp. } 13.742.323.232,-\end{aligned}$$

Jadi biaya untuk pondasi tiang pancang metode *P-Z curve* tipe *friction* 0,5 Q_{ult} adalah sebesar Rp. 13.742.323.232,-.

Hasil perhitungan biaya pondasi tiang pancang untuk semua metode perencanaan dapat dilihat pada Subbab 7.1.3.

7.1.3 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pondasi

Dari langkah perhitungan pada Subbab 7.1.2, dibuat tabel perhitungan biaya pondasi tiang pancang untuk semua metode perencanaan.

a. Metode Konvensional Jepit *End Bearing*

Perhitungan biaya untuk metode konvensional tipe *end bearing* dengan kedalaman pondasi 21 meter ditunjukkan pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5 Perhitungan Biaya Pondasi Metode Konvensional Tipe *End Bearing*

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi	Jumlah Titik	Panjang	Harga Tiang per Batang	Jumlah Tiang per Titik	Panjang Tiang Tertanam	Biaya Pemancangan	Biaya Sambungan Las	Biaya Pemotongan Pile Head	Biaya Total
	(diameter - m)	n	L (m)	Rp/ 16 m	batang	m	Rp/m	Rp/titik	Rp/m	Rp
Konvensional End Bearing	0,6	644	21	Rp 6.700.000	2	13524	Rp 411.903	Rp 672.552	Rp 271.570	Rp 16.557.101.640

b. Metode Konvensional Jepit *Friction*

Perhitungan biaya untuk metode konvensional tipe *friction* dengan kedalaman pondasi 16 meter ditunjukkan pada Tabel 7.6.

Tabel 7.6 Perhitungan Biaya Pondasi Metode Konvensional Tipe *Friction*

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi	Jumlah Titik	Panjang	Harga Tiang per Batang	Jumlah Tiang per Titik	Panjang Tiang Tertanam	Biaya Pemancangan	Biaya Sambungan Las	Biaya Pemotongan Pile Head	Biaya Total
	(diameter - m)	n	L (m)	Rp/ 16 m	batang	m	Rp/m	Rp/titik	Rp/m	Rp
Konvensional Friction	0,6	1562	16	Rp 6.700.000	1	24992	Rp 411.903	-	-	Rp 20.759.679.776

c. Metode *P-Z Curve Pegas End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 21 meter ditunjukkan pada Tabel 7.7.

Tabel 7.7 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi (diameter - m)	Jumlah Titik n	Panjang L (m)	Harga Tiang per Batang Rp/ 16 m	Jumlah Tiang per Titik batang	Panjang Tiang Tertanam m	Biaya Pemancangan Rp/m	Biaya Sambungan Las Rp/titik	Biaya Pemotongan Pile Head Rp/m	Biaya Total Rp
P-Z Curve End Bearing 0,3Ult	0,6	698	21	Rp 6.700.000	2	14658	Rp 411.903	Rp 672.552	Rp 271.570	Rp 17.945.430.038

d. Metode *P-Z Curve Pegas End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 21 meter ditunjukkan pada Tabel 7.8.

Tabel 7. 8 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi (diameter - m)	Jumlah Titik n	Panjang L (m)	Harga Tiang per Batang Rp/ 16 m	Jumlah Tiang per Titik batang	Panjang Tiang Tertanam m	Biaya Pemancangan Rp/m	Biaya Sambungan Las Rp/titik	Biaya Pemotongan Pile Head Rp/m	Biaya Total Rp
P-Z Curve End Bearing 0,5Ult	0,6	404	21	Rp 6.700.000	2	8484	Rp 411.903	Rp 672.552	Rp 271.570	Rp 10.386.753.203

e. Metode *P-Z Curve Pegas End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 21 meter ditunjukkan pada Tabel 7.9.

Tabel 7.9 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi	Jumlah Titik	Panjang	Harga Tiang per Batang	Jumlah Tiang per Titik	Panjang Tiang Tertanam	Biaya Pemancangan	Biaya Sambungan Las	Biaya Pemotongan Pile Head	Biaya Total
	(diameter - m)	n	L (m)	Rp/ 16 m	batang	m	Rp/m	Rp/titik	Rp/m	Rp
P-Z Curve End Bearing 0,7 Q_{ult}	0,6	318	21	Rp 6.700.000	2	6678	Rp 411.903	Rp 672.552	Rp 271.570	Rp 8.175.711.679

f. Metode *P-Z Curve Pegas End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 21 meter ditunjukkan pada Tabel 7.10.

Tabel 7.10 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi	Jumlah Titik	Panjang	Harga Tiang per Batang	Jumlah Tiang per Titik	Panjang Tiang Tertanam	Biaya Pemancangan	Biaya Sambungan Las	Biaya Pemotongan Pile Head	Biaya Total
	(diameter - m)	n	L (m)	Rp/ 16 m	batang	m	Rp/m	Rp/titik	Rp/m	Rp
P-Z Curve End Bearing 0,9 Q_{ult}	0,6	214	21	Rp 6.700.000	2	4494	Rp 411.903	Rp 672.552	Rp 271.570	Rp 5.501.894.023

g. Metode *P-Z Curve Pegas Friction* dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe friction* dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 16 meter ditunjukkan pada Tabel 7.11.

Tabel 7.11 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe Friction* dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi	Jumlah Titik	Panjang	Harga Tiang per Batang	Jumlah Tiang per Titik	Panjang Tiang Tertanam	Biaya Pemancangan	Biaya Sambungan Las	Biaya Pemotongan Pile Head	Biaya Total
	(diameter - m)	n	L (m)	Rp/ 16 m	batang	m	Rp/m	Rp/titik	Rp/m	Rp
P-Z Curve Friction 0,3Ult	0,6	1718	16	Rp 6.700.000	1	27488	Rp 411.903	-	-	Rp 22.832.989.664

h. Metode *P-Z Curve Pegas Friction* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe friction* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 16 meter ditunjukkan pada Tabel 7.12.

Tabel 7.12 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe Friction* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi	Jumlah Titik	Panjang	Harga Tiang per Batang	Jumlah Tiang per Titik	Panjang Tiang Tertanam	Biaya Pemancangan	Biaya Sambungan Las	Biaya Pemotongan Pile Head	Biaya Total
	(diameter - m)	n	L (m)	Rp/ 16 m	batang	m	Rp/m	Rp/titik	Rp/m	Rp
P-Z Curve Friction 0,5Ult	0,6	1034	16	Rp 6.700.000	1	16544	Rp 411.903	-	-	Rp 13.742.323.232

i. Metode *P-Z Curve Pegas Friction* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe friction* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 16 meter ditunjukkan pada Tabel 7.13.

Tabel 7.13 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe Friction* dengan $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi (diameter - m)	Jumlah Titik n	Panjang L (m)	Harga Tiang per Batang Rp/ 16 m	Jumlah Tiang per Titik batang	Panjang Tiang Tertanam m	Biaya Pemancangan Rp/m	Biaya Sambungan Las Rp/titik	Biaya Pemotongan Pile Head Rp/m	Biaya Total Rp
P-Z Curve Friction 0,7Ult	0,6	722	16	Rp 6.700.000	1	11552	Rp 411.903	-	-	Rp 9.595.703.456

j. Metode *P-Z Curve Pegas Friction* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

Perhitungan biaya untuk metode *P-Z curve tipe friction* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$ dan kedalaman pondasi 16 meter ditunjukkan pada Tabel 7.14.

Tabel 7.14 Perhitungan Biaya Pondasi Metode *P-Z Curve Tipe Friction* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$

BIAYA PONDASI TIANG PANCANG										
Metode Perencanaan	Dimensi (diameter - m)	Jumlah Titik n	Panjang L (m)	Harga Tiang per Batang Rp/ 16 m	Jumlah Tiang per Titik batang	Panjang Tiang Tertanam m	Biaya Pemancangan Rp/m	Biaya Sambungan Las Rp/titik	Biaya Pemotongan Pile Head Rp/m	Biaya Total Rp
P-Z Curve Friction 0,9Ult	0,6	536	16	Rp 6.700.000	1	8576	Rp 411.903	-	-	Rp 7.123.680.128

7.2 Rekapitulasi Biaya Total

Berdasarkan hasil perhitungan pada Subbab 7.1, dibuat tabel rekapitulasi biaya total untuk gedung modifikasi Puncak MERR Surabaya untuk masing-masing metode perencanaan yang ditunjukkan pada Tabel 7.15.

Tabel 7.15 Rekapitulasi Biaya untuk Masing-masing Metode Perencanaan

Metode	Jumlah Tiang	Biaya Struktur Atas	Biaya Pondasi	Biaya Total
Konvensional End Bearing	644	Rp 11.367.871.204	Rp 16.557.101.640	Rp 27.924.972.844
Konvensional Friction	1562	Rp 11.367.871.204	Rp 20.759.679.776	Rp 32.127.550.980
P-Z Curve End Bearing 0,3 Ult	698	Rp 11.367.871.204	Rp 17.945.430.038	Rp 29.313.301.242
P-Z Curve End Bearing 0,5 Ult	404	Rp 11.367.871.204	Rp 10.386.753.203	Rp 21.754.624.407
P-Z Curve End Bearing 0,7 Ult	318	Rp 11.367.871.204	Rp 8.175.711.679	Rp 19.543.582.883
P-Z Curve End Bearing 0,9 Ult	214	Rp 11.367.871.204	Rp 5.501.894.023	Rp 16.869.765.227
P-Z Curve Friction 0,3 Ult	1718	Rp 11.367.871.204	Rp 22.832.989.664	Rp 34.200.860.868
P-Z Curve Friction 0,5 Ult	1034	Rp 11.367.871.204	Rp 13.742.323.232	Rp 25.110.194.436
P-Z Curve Friction 0,7 Ult	722	Rp 11.367.871.204	Rp 9.595.703.456	Rp 20.963.574.660
P-Z Curve Friction 0,9 Ult	536	Rp 11.367.871.204	Rp 7.123.680.128	Rp 18.491.551.332

Dari Tabel 7.15 dapat disimpulkan bahwa metode perencanaan dengan biaya yang paling murah adalah metode P-Z *curve* tipe *end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$. Sedangkan metode perencanaan dengan biaya yang paling mahal adalah metode P-Z *curve* tipe *friction* dengan dengan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$.

Untuk menghemat biaya maka digunakan pondasi tiang pancang dengan **metode P-Z *curve* tipe *end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$ sebesar Rp.16.869.765.227,-.**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang dilakukan dalam perencanaan ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR dimodifikasi menjadi 10 lantai dan dilakukan modifikasi dimensi elemen struktur yang terdiri dari kolom 1 $60 \times 60 \text{ cm}^2$, kolom 2 $55 \times 55 \text{ cm}^2$, kolom 3 $50 \times 50 \text{ cm}^2$, balok 1 $40 \times 60 \text{ cm}^2$, balok 2 $35 \times 50 \text{ cm}^2$, balok anak $30 \times 40 \text{ cm}^2$, pelat 0 tebal 20 cm, pelat 1 s/d pelat 4 tebal disamakan 15 cm. Hasil Analisis struktur menunjukkan hasil modifikasi gedung dapat dipakai untuk perencanaan.
2. Metode perencanaan yang digunakan yaitu konvensional jepit dan *P-Z curve* pegas. Untuk gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR yang tidak simetris pada Tugas Akhir ini, didapat hasil analisis struktur didapatkan momen yang dihasilkan pada metode konvensional hampir sama momen pada metode *P-Z curve*. Variasi daya dukung yang digunakan pada perencanaan ini yaitu $SF = 3$ untuk metode konvensional dan $Q_{izin} = 0,3 Q_{ult}$, $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$, $Q_{izin} = 0,7 Q_{ult}$, dan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$ pada metode *P-Z curve*.
3. Perencanaan pondasi tiang pancang menggunakan *spun pile* diameter 60 cm. Kedalaman tanah daya dukung yaitu 21 m untuk pondasi *end bearing* dan 16 m untuk pondasi *friction*. Jumlah kebutuhan tiang pancang yaitu :

Tabel 8.1 Jumlah Tiang Pancang untuk Masing-masing Metode Perencanaan

Metode	Jumlah Tiang
Konvensional End Bearing	644
Konvensional Friction	1562
P-Z Curve End Bearing 0,3 Ult	698
P-Z Curve End Bearing 0,5 Ult	404
P-Z Curve End Bearing 0,7 Ult	318
P-Z Curve End Bearing 0,9 Ult	214
P-Z Curve Friction 0,3 Ult	1718
P-Z Curve Friction 0,5 Ult	1034
P-Z Curve Friction 0,7 Ult	722
P-Z Curve Friction 0,9 Ult	536

4. Defleksi dan retak yang terjadi pada balok untuk semua metode perencanaan telah memenuhi persyaratan yaitu kurang dari 480/panjang balok untuk defleksi dan kurang dari 0,4 (balok interior) atau 0,3 (balok eksterior) untuk retak, sehingga tidak perlu dilakukan perubahan dimensi struktur.
5. Biaya total untuk gedung modifikasi Puncak MERR Surabaya untuk masing-masing metode perencanaan adalah sebagai berikut :

Tabel 8.2 Biaya Total untuk Masing-masing Metode Perencanaan

Metode	Biaya Total
Konvensional End Bearing	Rp 27.924.972.844
Konvensional Friction	Rp 32.127.550.980
P-Z Curve End Bearing 0,3 Ult	Rp 29.313.301.242
P-Z Curve End Bearing 0,5 Ult	Rp 21.754.624.407
P-Z Curve End Bearing 0,7 Ult	Rp 19.543.582.883
P-Z Curve End Bearing 0,9 Ult	Rp 16.869.765.227
P-Z Curve Friction 0,3 Ult	Rp 34.200.860.868
P-Z Curve Friction 0,5 Ult	Rp 25.110.194.436
P-Z Curve Friction 0,7 Ult	Rp 20.963.574.660
P-Z Curve Friction 0,9 Ult	Rp 18.491.551.332

8.2 Saran

Saran untuk perhitungan pondasi dengan metode perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menghemat biaya pembangunan gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR maka digunakan pondasi tiang pancang dengan metode *P-Z curve* tumpuan *end bearing* dengan $Q_{izin} = 0,9 Q_{ult}$ sebesar Rp. 16.869.765.227,-.
2. Pada konfigurasi struktur yang tidak simetris seperti pada gedung modifikasi Apartemen Puncak MERR ini, disarankan menggunakan metode *P-Z curve* karena tidak perlu dilakukan perubahan dimensi struktur untuk mencapai penurunan merata sehingga perhitungan lebih cepat dan mendapat jumlah kebutuhan pondasi tiang pancang lebih sedikit.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Strktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*. Bandung : BSN
- CivilTech Software. *AllPile Version 7 User Manual*. USA : CivilTech Software
- Bowles, Joseph E. 1997. *Foundation Analysis and Design (5th International Edition)*. Singapore : McGraw Hill.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik* (diterjemahkan oleh Noor Endah Mochtar dan Indrasurya B. Mochtar). Jakarta : Erlangga
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Devina, Reta Sandra. 2015. *Analisis Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional dan Metode P-Y Curve pada Lapisan Tanah Lunak Yang Tebal: Studi Kasus Kota Banjarmasin dengan Kedalaman Tanah Keras -40 Meter*. Surabaya : Departemen Teknik Sipil ITS
- Lastiasih, Yudhi dan Indrasurya B. Mochtar. 2008. *Usulan Metoda Perhitungan Interaktif Struktur Pondasi di Atas Tanah*

Lunak dengan Menyertakan Pengaruh Penurunan Konsolidasi Jangka. Surabaya : Departemen Teknik Sipil ITS

Jakti, Felix Cahyo kuncoro. 2013. ***Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang dan Tiang Bor Studi Kasus Perencanaan Rumah Sakit Kelas B Bandung.*** Jakarta : Departemen Teknik Sipil UI

NAVFAC DM-7. 1971. ***Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structures.*** USA : Department o

f the Navy Naval Facilities Engineering Command

Wahyudi, Herman. 2013. ***Daya Dukung Pondasi Dalam.*** Surabaya : ITS Press

Wahyudi, Herman. 2013. ***Daya Dukung Pondasi Dangkal.*** Surabaya : ITS Press

WIKI Gedung Divisi Proyek Apartemen Puncak MERR. 2017. ***Laporan Perhitungan Struktur dan Gambar Desain Perencanaan.*** Surabaya : WIKI Gedung

Peta Tanah Surabaya. <https://bappeko.surabaya.go.id/>. Diakses pada tanggal 25 Desember 2017.

Peta Lokasi Proyek Apartemen Puncak MERR. <https://www.google.co.id/maps>. Diakses pada tanggal 25 Desember 2017.

Ilustrasi Tipe Pondasi Dalam *End Bearing* dan *Friction*. <http://www.understandconstruction.com/>. Diakses pada tanggal 25 Desember 2017

LAMPIRAN A

DATA DAN PARAMETER TANAH

1. Data Tanah DB-8..... [3-6]
2. Tabel A.1 Penentuan Layer Tanah berdasarkan *Coefficient of Variant*[7]
3. Tabel A.2 Parameter Tanah Hasil Korelasi[8]



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.8. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-8

Project : Apartemen Puncak Merr.
Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
Started : 22 Desember 2014
Finished : 29 Desember 2014

Total Depth : 60 m
Coordinates : Unrecorded.
Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
Ground Water Level : ± 3.00 m

Drilling Method : Core Drilling
 ϕ of core : 76 mm
 ϕ of chasing : 89 mm
Drill Master : BMB

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST							Drill Master	BMB
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)					
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30		

15/12/2014	0		Fill material consist clay and silt, some sand, trace gravel.	Yellowish Brown		Soft	-	1 / 15	1 / 15	1 / 15	2	2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
------------	---	--	---	-----------------	--	------	---	--------	--------	--------	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--

NOTE:

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

☐ = Undisturbed sample
☒ = SPT
☒ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.8. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-8

Project : Apartemen Puncak Merr.

Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.

Started : 22 Desember 2014

Finished : 29 Desember 2014

Total Depth : 60 m

Coordinates : Unrecorded.

Ground Surface Elevation : ± 0.00 mGround Water Level : ± 3.00 m

Drilling Method : Core Drilling

 ϕ of core : 76 mm ϕ of chasing : 89 mm

Drill Master : BMB

Date		Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST						Drill Master		BMB																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
										No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
										N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	≥50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
18/12/2014		30		X		Brown		Very Stiff	-	4 / 15	8 / 15	11 / 15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

NOTE:

0 to 10 % = Trace
10 to 20 % = Little
20 to 35 % = Some
35 to 50 % = And

☒ = Undisturbed sample
☒ = SPT
☒ = Core sample

Tabel A.1 Penentuan Layer Tanah berdasarkan *Coefficient of Variant*

Lapisan	Kedalaman Tanah Asli (m)	Tebal Lapisan Tanah H (m)	0,5Hi (m)	Z (m)	Type of Soil	Color	Relative Density or Consistency	N - SPT	Standard Deviation	N rata2	CV (Coefficient of Variation)
0	0	1	0	0	Fill material clay and silt	Yellowish brown		0			
1	1	1	0,5	0,5	Clay and silt	Grey	Soft	2	0,00	2	0%
2	2	1	0,5	1,5			0,35	1,20	29%		
3	3	1	0,5	2,5						Very Soft	1
4	4	1	0,5	3,5							1
5	5	1	0,5	4,5						Very Soft	1
6	6	1	0,5	5,5							1
7	7	1	0,5	6,5						Very Soft	1
8	8	1	0,5	7,5							1
9	9	1	0,5	8,5						Very Soft	1
10	10	1	0,5	9,5							1,5
11	11	1	0,5	10,5	Sand		Loose	2	3,73	13,70	27%
12	12	1	0,5	11,5	Clay and silt	Yellowish brown		8			
13	13	1	0,5	12,5			Stiff	14			
14	14	1	0,5	13,5				14			
15	15	1	0,5	14,5			Stiff	14			
16	16	1	0,5	15,5				18,5			
17	17	1	0,5	16,5	Silt and clay	Brown	Very Stiff	23	2,12	21,50	10%
18	18	1	0,5	17,5	Clay and silt			20			
19	19	1	0,5	18,5			Very Stiff	17	0,50	17,50	3%
20	20	1	0,5	19,5				17,5			
21	21	1	0,5	20,5	Grey	Medium	18				
22	22	1	0,5	21,5	Sand and some silt	Brown		31,5	9,55	38,25	25%
23	23	1	0,5	22,5			Dense	45			
24	24	1	0,5	23,5	Sand		Grey		44	7,81	39,00
25	25	1	0,5	24,5		Dense		43			
26	26	1	0,5	25,5				30			
27	27	1	0,5	26,5	Clay and silt	Yellowish brown		Very Stiff	17	0,50	17,25
28	28	1	0,5	27,5				17			
29	29	1	0,5	28,5			Very Stiff	17			
30	30	1	0,5	29,5				18			

Tabel A.2 Parameter Tanah Hasil Korelasi

Lapisan	N rata2	Gs	ysat (gr/cm3)	γ' (t/m3)	σo di tengah lapisan (t/m2)	σo di akhir lapisan (t/m2)	e	Φ	C (kg/cm2)	Cv (cm2/sc)	LL (%)	PL (%)	IP (%)	Cc	Cs	Δpf (t/m2)	pc (t/m2)
0																	
1	2	2,700	1,45	1,45	0,725	1,45	2,78	0	0	1,17E-04	120	19,2	100,8	0,881892	0,106968	2	2,725
2		2,700	1,40	1,40	2,15	2,85	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	4,15
3		2,700	1,40	1,40	3,55	4,25	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	5,55
4		2,700	1,40	0,4	4,45	4,65	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	6,45
5		2,700	1,40	0,4	4,85	5,05	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	6,85
6		2,700	1,40	0,4	5,25	5,45	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	7,25
7	1,20	2,700	1,40	0,4	5,65	5,85	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	7,65
8		2,700	1,40	0,4	6,05	6,25	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	8,05
9		2,700	1,40	0,4	6,45	6,65	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	8,45
10		2,700	1,40	0,4	6,85	7,05	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	8,85
11		2,700	1,40	0,4	7,25	7,45	3,29	0	0,06	1,00E-04	120	19,2	100,8	1,284333	0,168882	2	9,25
12		2,700	1,65	0,65	7,775	8,1	1,62	0	0,3	5,33E-04	75	14,7	60,3	0,215672	0,003988	2	9,775
13		2,700	1,65	0,65	8,425	8,75	1,62	0	0,3	5,33E-04	75	14,7	60,3	0,215672	0,003988	2	10,425
14	13,70	2,700	1,65	0,65	9,075	9,4	1,62	0	0,3	5,33E-04	75	14,7	60,3	0,215672	0,003988	2	11,075
15		2,700	1,65	0,65	9,725	10,05	1,62	0	0,3	5,33E-04	75	14,7	60,3	0,215672	0,003988	2	11,725
16		2,700	1,65	0,65	10,375	10,7	1,62	0	0,3	5,33E-04	75	14,7	60,3	0,215672	0,003988	2	12,375
17	21,50	2,700	1,9	0,9	11,15	11,6	0,89	30	1,15	9,33E-04	62	31,34	30,66	-0,023307	-0,032918	2	13,15
18		2,700	1,9	0,9	12,05	12,5	0,89	30	1,15	9,33E-04	62	31,34	30,66	-0,023307	-0,032918	2	14,05
19		2,700	1,79	0,79	12,895	13,29	1,17	0	0,8	7,50E-04	68	14	54	0,052037	-0,021262	2	14,895
20	17,50	2,700	1,79	0,79	13,685	14,08	1,17	0	0,8	7,50E-04	68	14	54	0,052037	-0,021262	2	15,685
21		2,700	1,79	0,79	14,475	14,87	1,17	0	0,8	7,50E-04	68	14	54	0,052037	-0,021262	2	16,475
22	38,25	2,700	2,2	1,2	15,47	16,07	0,42	35	0	7,30E-02						2	17,47
23		2,700	2,2	1,2	16,67	17,27	0,42	35	0	7,30E-02						2	18,67
24		2,700	2,5	1,5	18,02	18,77	0,14	38	0	1,00E-01						2	20,02
25	39,00	2,700	2,5	1,5	19,52	20,27	0,14	38	0	1,00E-01						2	21,52
26		2,700	2,5	1,5	21,02	21,77	0,14	38	0	1,00E-01						2	23,02
27	17,25	2,700	2	1	22,27	22,77	0,71	0	0,9	3,84E-03	35	10,7	24,3	-0,062367	-0,039218	2	24,27
28		2,700	2	1	23,27	23,77	0,71	0	0,9	3,84E-03	35	10,7	24,3	-0,062367	-0,039218	2	25,27
29		2,700	2	1	24,27	24,77	0,71	0	0,9	3,84E-03	35	10,7	24,3	-0,062367	-0,039218	2	26,27
30		2,700	2	1	25,27	25,77	0,71	0	0,9	3,84E-03	35	10,7	24,3	-0,062367	-0,039218	2	27,27

LAMPIRAN B

STRUKTUR ATAS

1. Gambar Struktur Atas (Jumlah : 11 Gambar).....[11-32]
2. Gambar Denah Label Perletakan Struktur dari ETABS ...[33]
3. Gambar Cek Penampang Beton Struktur dari ETABS[34]



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM
LANTAI 1 S/D 4

SKALA

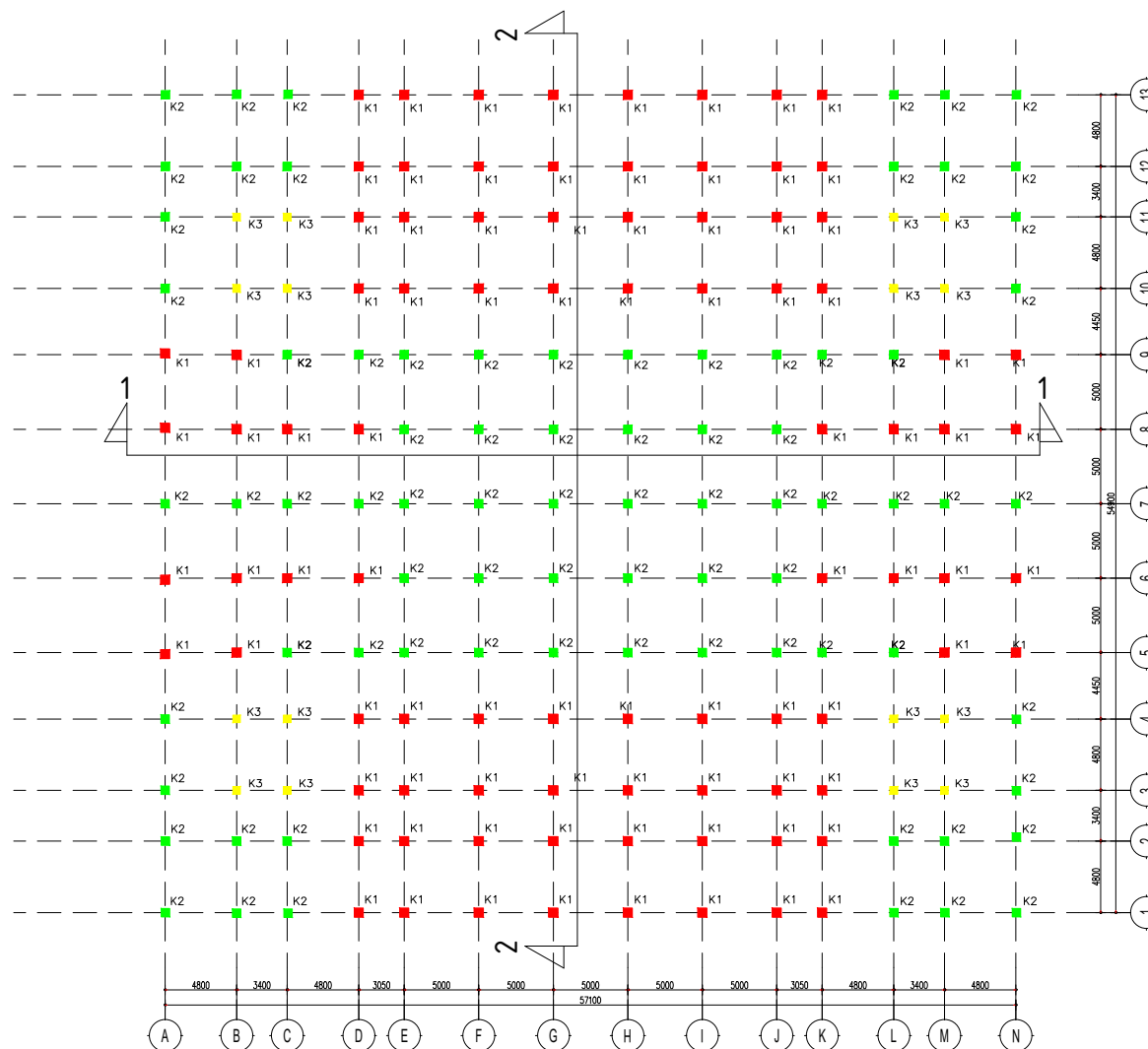
1 : 500

NOMOR
GAMBAR

1

JUMLAH
GAMBAR

11



DENAH KOLOM LANTAI 1 S/D 4

SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM
LANTAI 5 S/D 10

SKALA

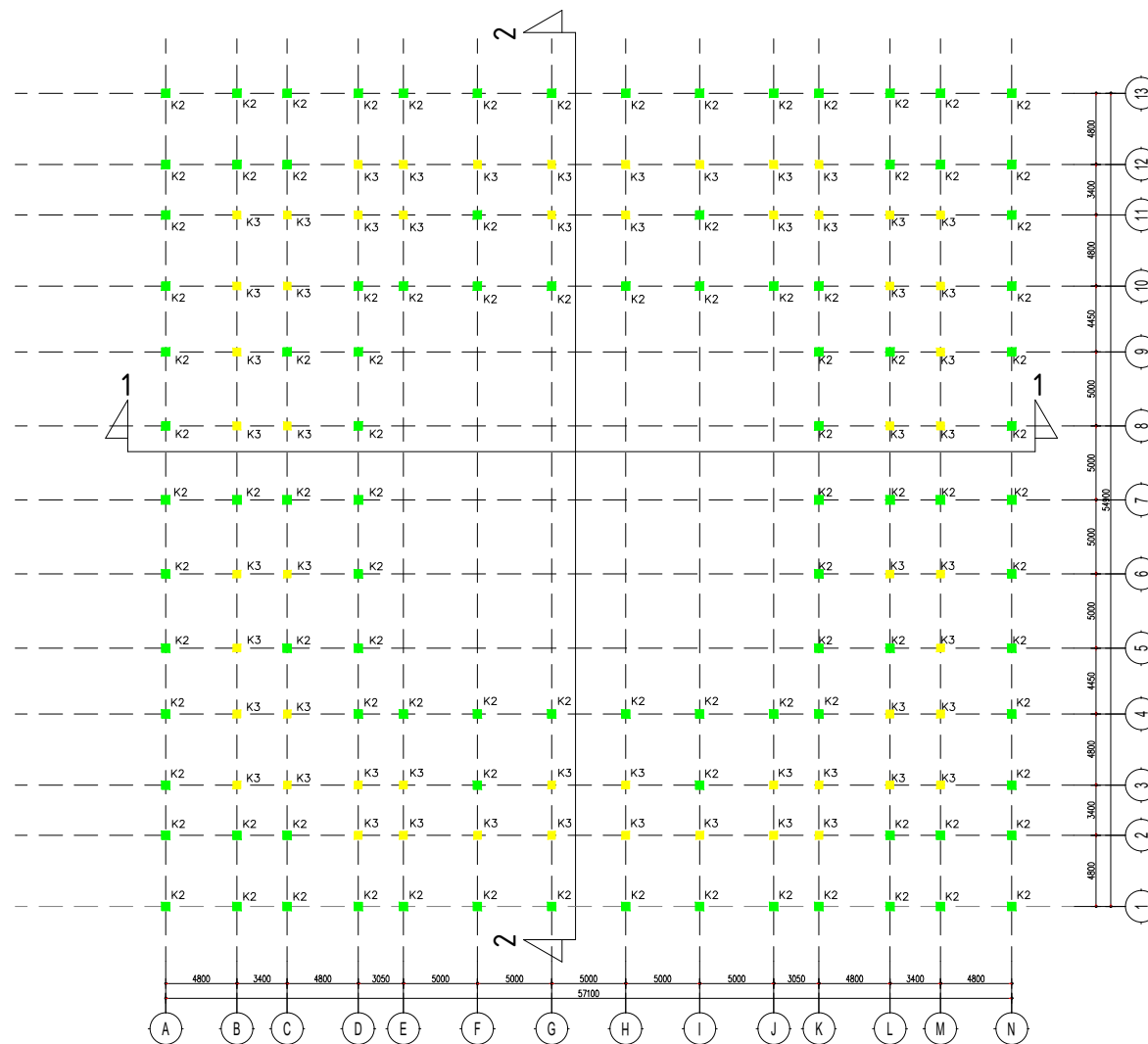
1 : 500

NOMOR
GAMBAR

2

JUMLAH
GAMBAR

11



DENAH KOLOM LANTAI 5 S/D 10

SKALA 1 : 500



Angka dalam satuan milimeter



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK
LANTAI 2 S/D 4

SKALA

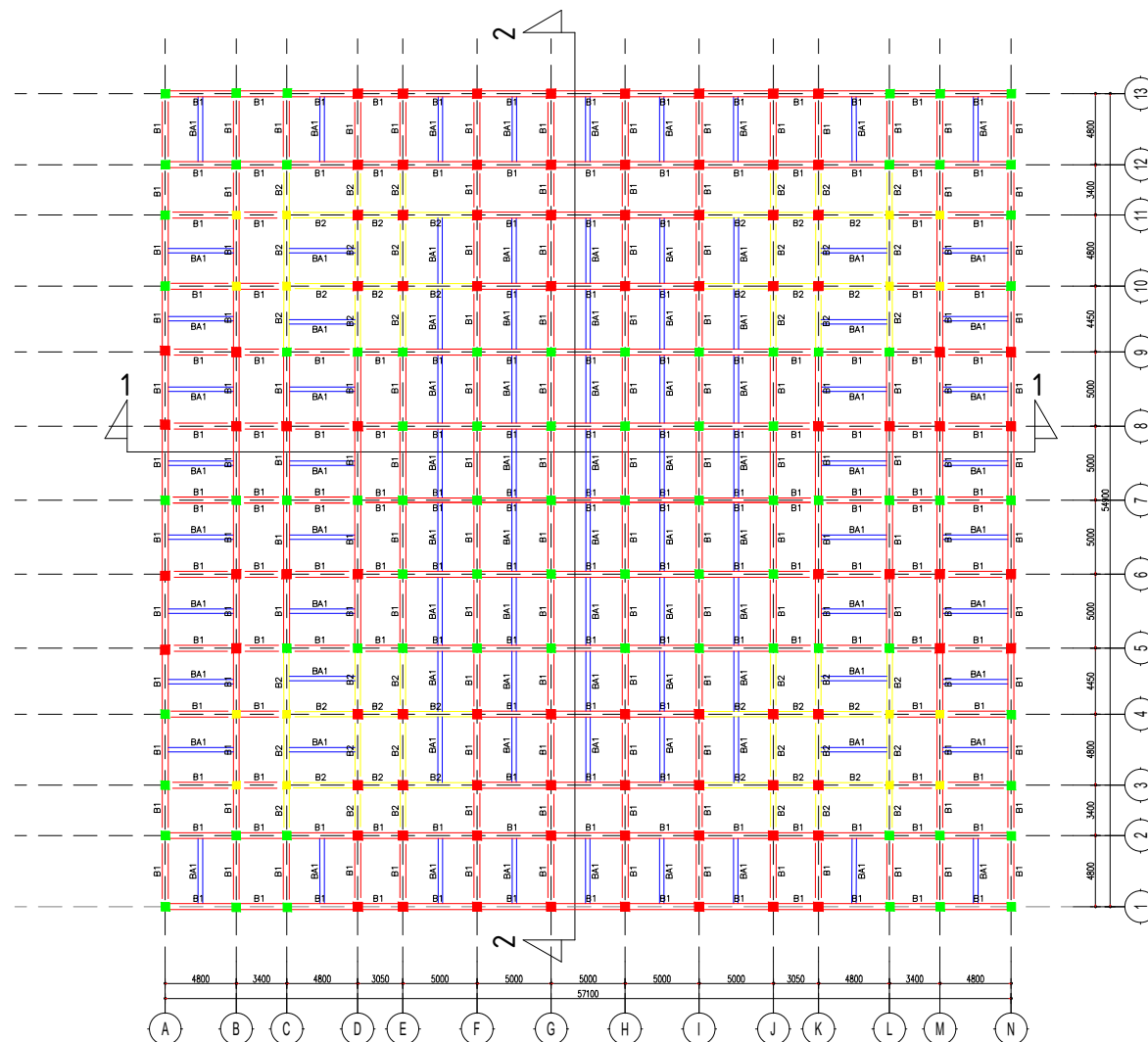
1 : 500

NOMOR
GAMBAR

4

JUMLAH
GAMBAR

11



DENAH BALOK LANTAI 2 S/D 4

SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK
LANTAI 5

SKALA

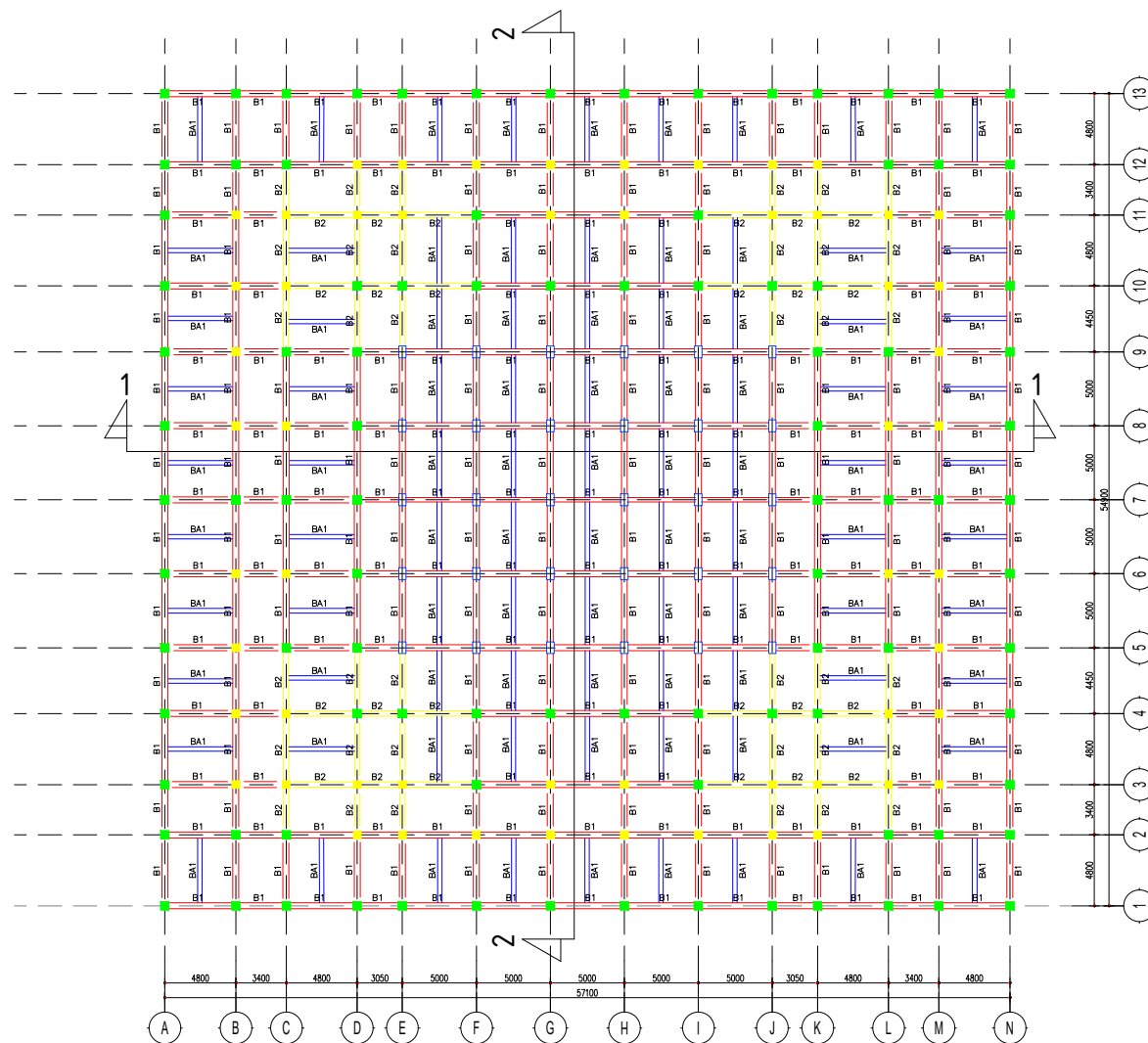
1 : 500

NOMOR
GAMBAR

5

JUMLAH
GAMBAR

11



DENAH BALOK LANTAI 5

SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK
LANTAI 6 S/D ATAP

SKALA

1 : 500

NOMOR
GAMBAR

6

JUMLAH
GAMBAR

11



DENAH BALOK LANTAI 6 S/D ATAP

SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT
LANTAI 1 S/D 4

SKALA

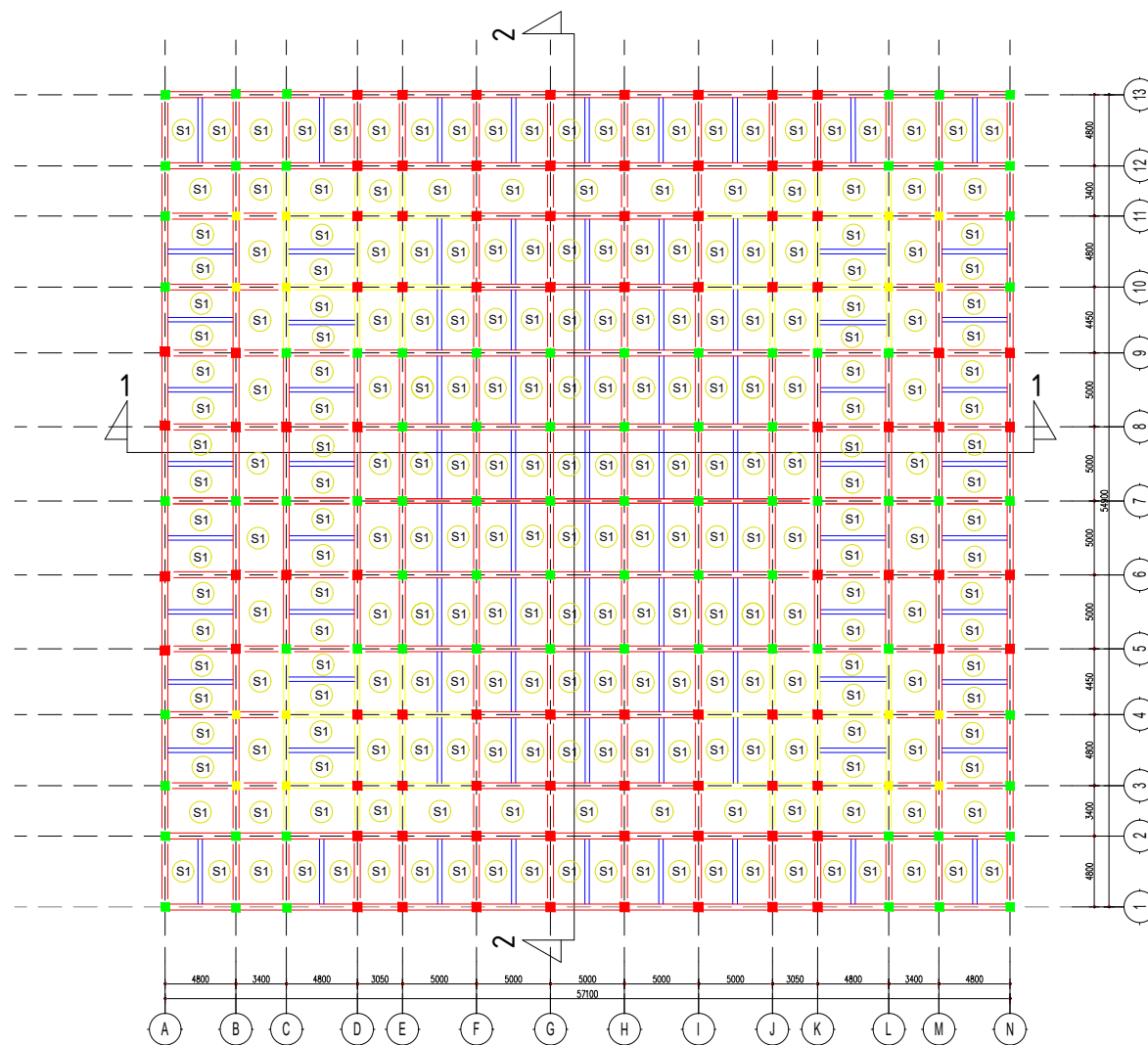
1 : 500

NOMOR
GAMBAR

7

JUMLAH
GAMBAR

11



DENAH PELAT LANTAI 1 S/D 4

SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT
LANTAI 5

SKALA

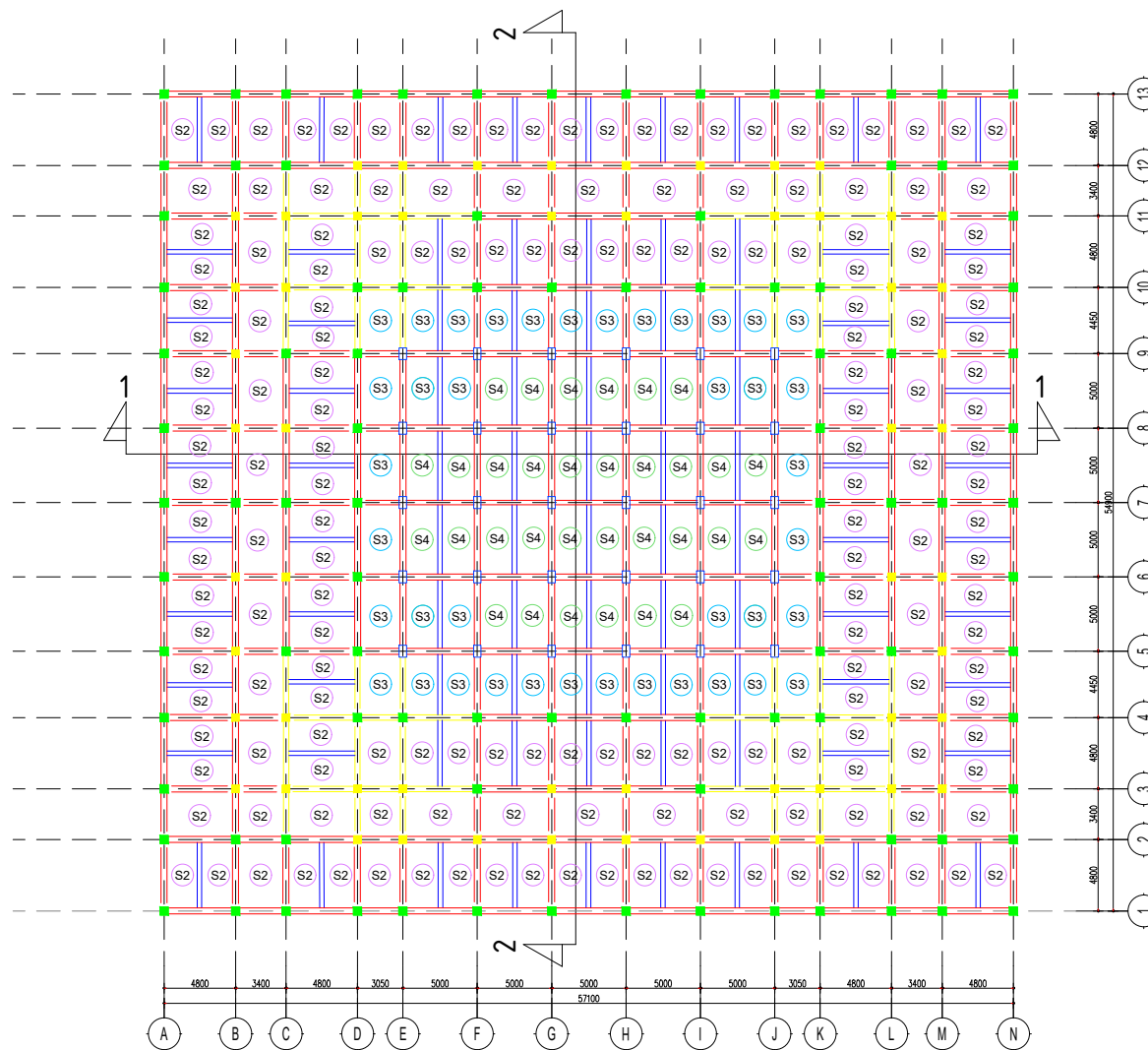
1 : 500

NOMOR
GAMBAR

8

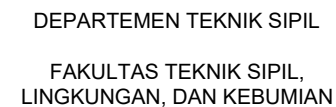
JUMLAH
GAMBAR

11



DENAH PELAT LANTAI 5

SKALA 1 : 500



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z
Curve* pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
03111440000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT
LANTAI 6 s/d 10

SKALA

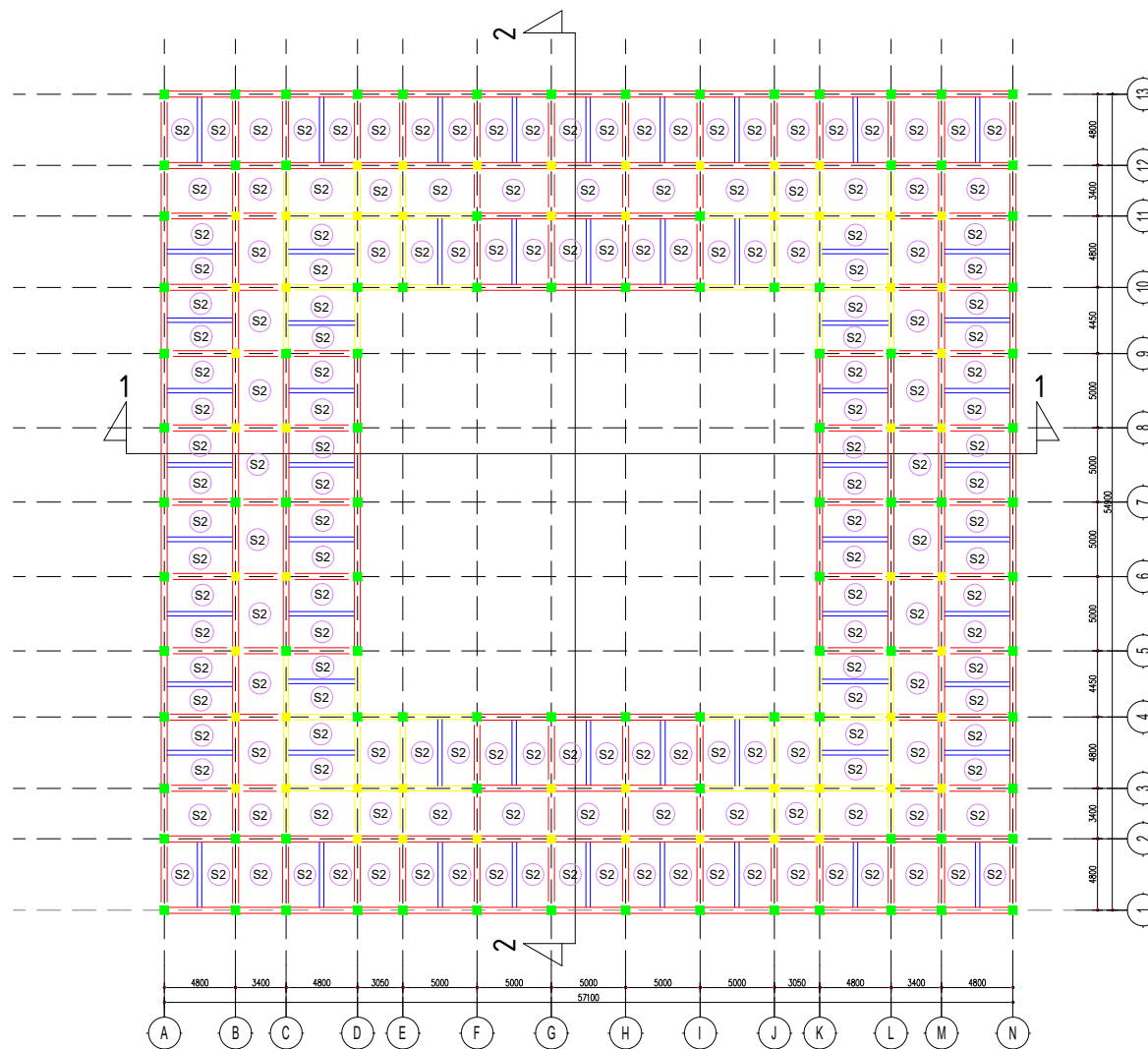
1 : 500

NOMOR
GAMBAR

Jumlah Gambar

9

11



DENAH PELAT LANTAI 6 S/D 10

SKALA 1 : 500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z*
Curve pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
0311144000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

POTONGAN 1-1

SKALA

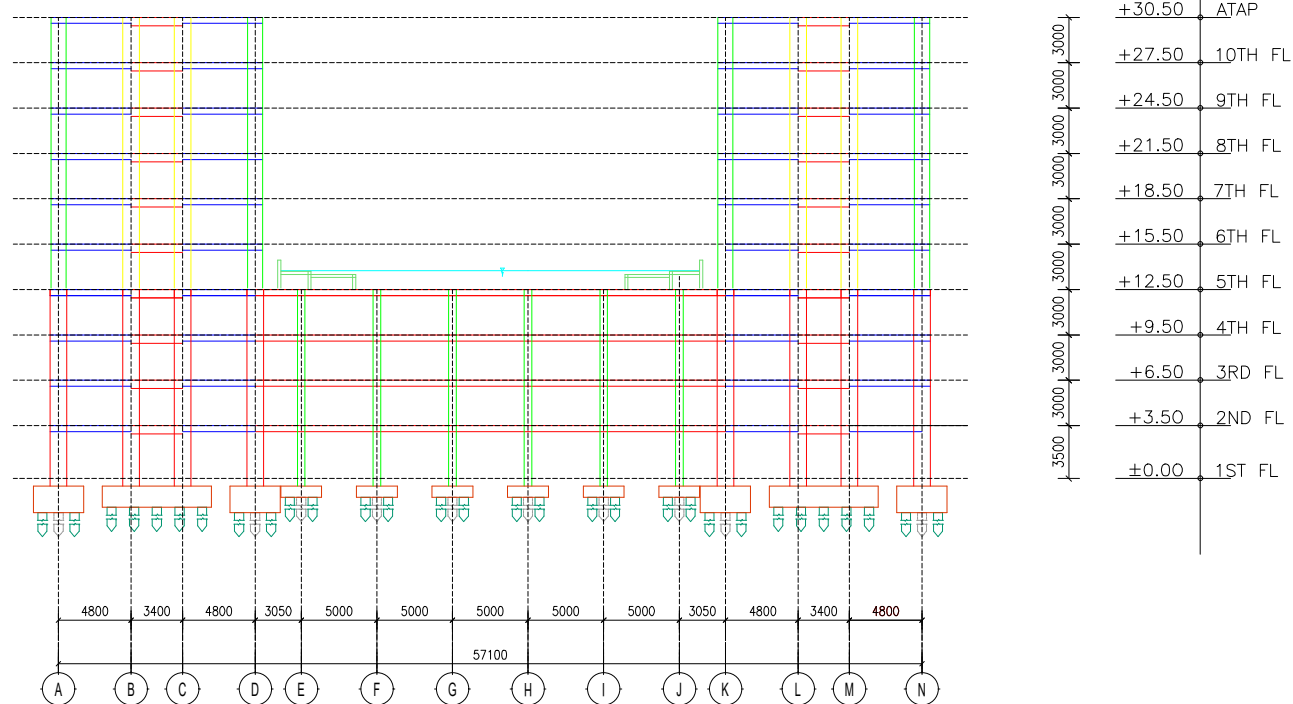
1 : 550

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

10

11



POTONGAN 1-1

SKALA 1 : 550



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL,
LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR

Perbandingan Perencanaan
Pondasi Tiang Pancang
Menggunakan Metode
Konvensional dan Metode *P-Z
Curve* pada Modifikasi Gedung
Apartemen Puncak MERR
Surabaya

NAMA & NRP

Riky Dwi Prasetyo
0311144000094

DOSEN PEMBIMBING

Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,
Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

NAMA GAMBAR

POTONGAN 2-2

SKALA

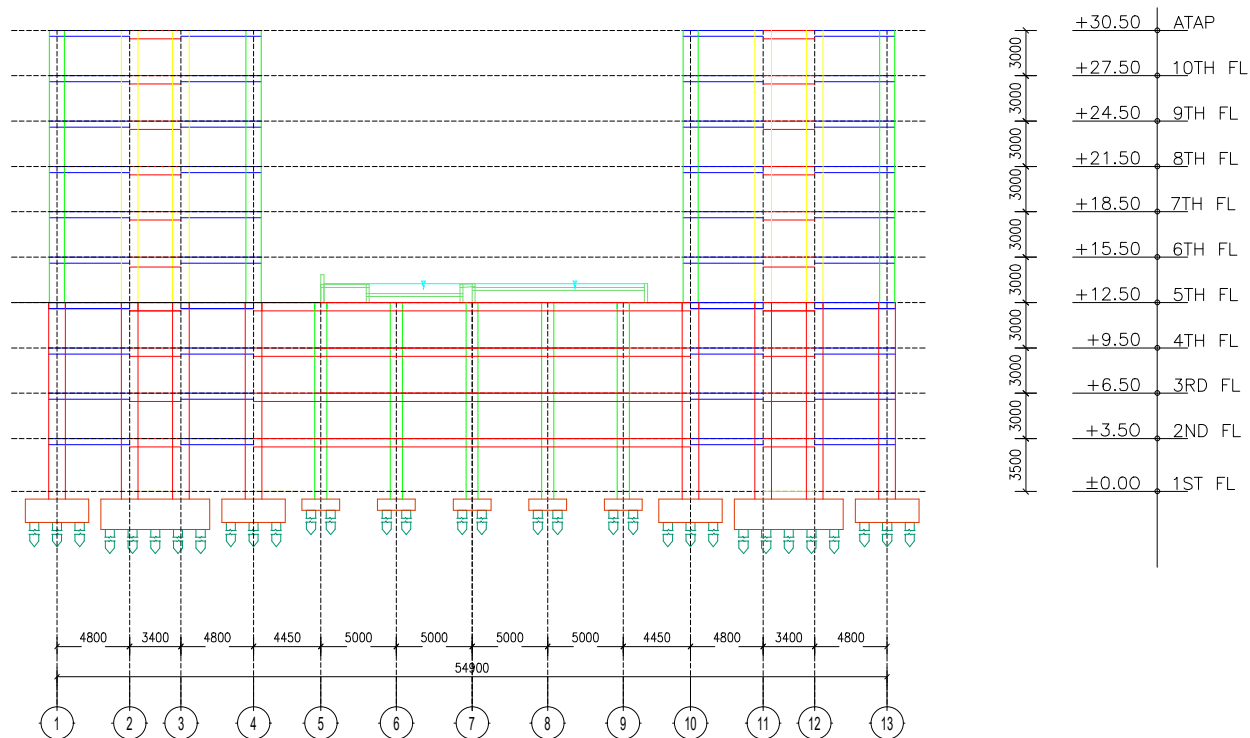
1 : 550

NOMOR
GAMBAR

11

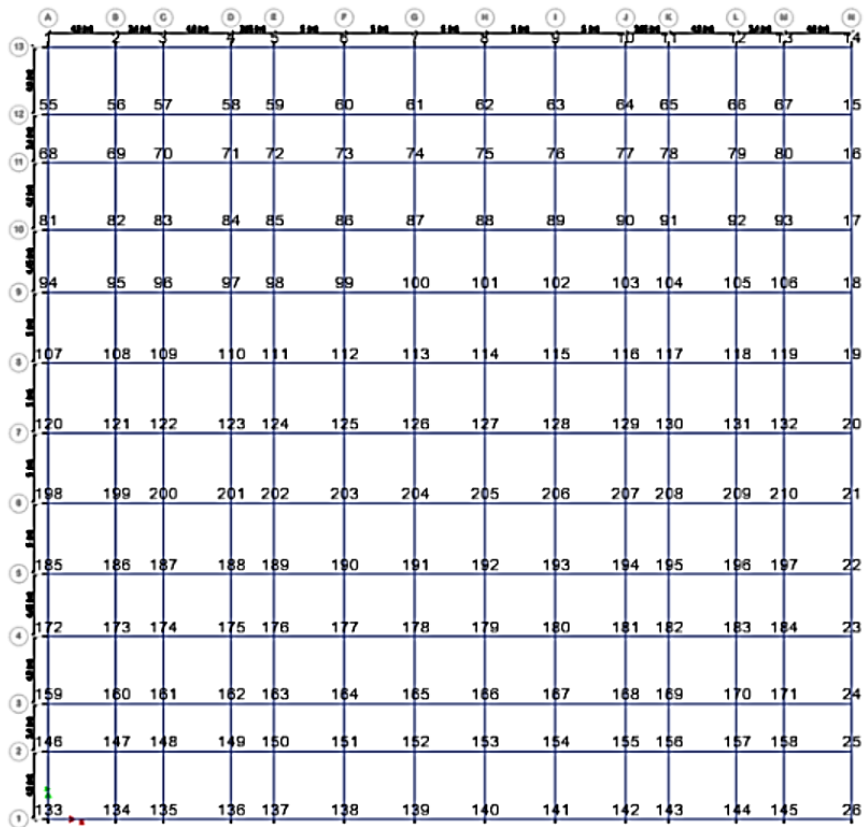
JUMLAH
GAMBAR

11

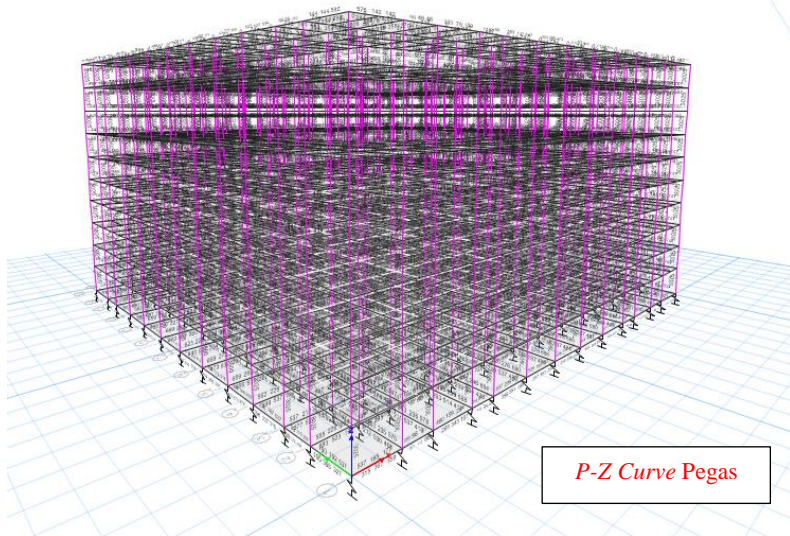
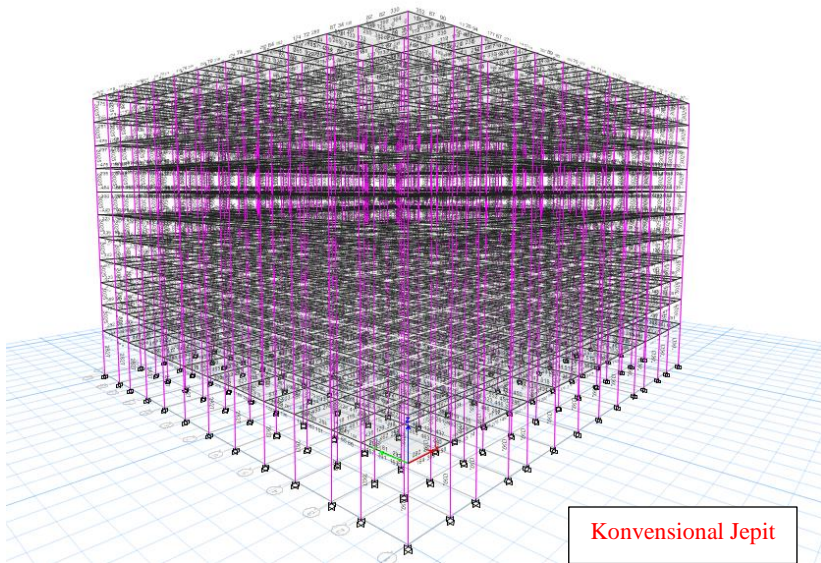


POTONGAN 2-2

SKALA 1 : 550



Gambar B.12 Denah Label Perletakan Struktur dari ETABS



Gambar B.13 Cek Penampang Beton Struktur dari ETABS

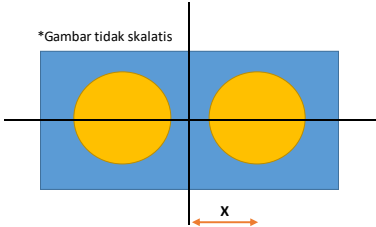
LAMPIRAN C TIANG PANCANG

1. Tabel C.1 Konfigurasi Grup Tiang Pancang[35-44]
2. Tabel C.2 Brosur Tiang Pancang (WIKA Spun Pile)[45]

Tabel C.1 Konfigurasi Grup Tiang Pancang

2 TIANG

Diameter 0,6 m



Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m

Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m

Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m

Jarak Tepi = 0,6 m

Jumlah baris (m) : 1 pcs

Jumlah kolom (n) 2 pcs

Total Jumlah = 2 pcs

Panjang Pilecap = 3

Lebar Pilecap = 1,2

*Gambar tidak skalatis

Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,898

Xmax = 0,9 m

Ymax = 0 m

$\Sigma x^2 =$

$\Sigma y^2 =$

1,62

0

3 TIANG

Diameter 0,6 m

Konfigurasi Tiang

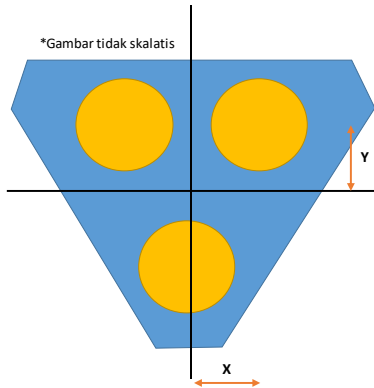
Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 2 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 2 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 2 pcs
 Jumlah kolom (n) = 2 pcs
 Total Jumlah = 3 pcs
 Panjang Pilecap = 3,2
 Lebar Pilecap = 3,2

Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,814

Xmax = 1 m $\Sigma x^2 = 2$
 Ymax = 1,5 m $\Sigma y^2 = 9,92$



4 TIANG

Diameter 0,6 m

Konfigurasi Tiang

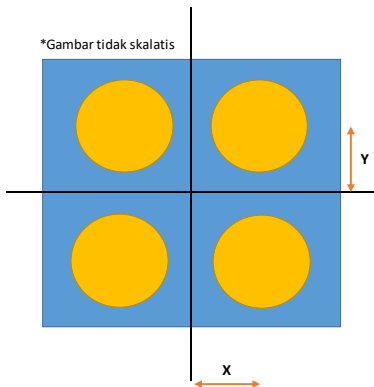
Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 2 pcs
 Jumlah kolom (n) = 2 pcs
 Total Jumlah = 4 pcs
 Panjang Pilecap = 3
 Lebar Pilecap = 3

Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,795

Xmax = 0,9 m $\Sigma x^2 = 3,24$
 Ymax = 0,9 m $\Sigma y^2 = 3,24$



5 TIANG

Diameter 0,6 m

Konfigurasi Tiang

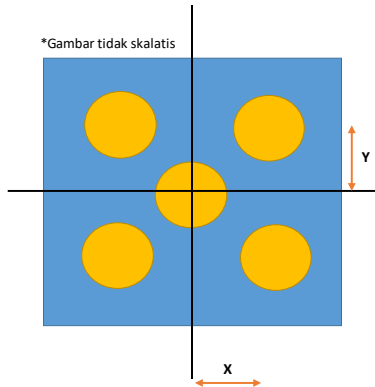
Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 2 pcs
 Jumlah kolom (n) = 3 pcs
 Total Jumlah = 5 pcs
 Panjang Pilecap = 4,8
 Lebar Pilecap = 3

Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,761

Xmax = 1,25 m $\Sigma x^2 = 6,25$
 Ymax = 1,25 m $\Sigma y^2 = 6,25$



6 TIANG

Diameter 0,6 m

Konfigurasi Tiang

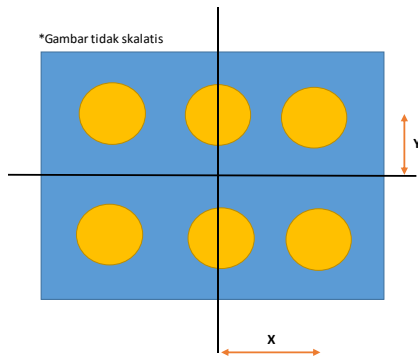
Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 2 pcs
 Jumlah kolom (n) = 3 pcs
 Total Jumlah = 6 pcs
 Panjang Pilecap = 4,8
 Lebar Pilecap = 3

Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,761

Xmax = 1,8 m $\Sigma x^2 = 12,96$
 Ymax = 0,9 m $\Sigma y^2 = 4,86$



7 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

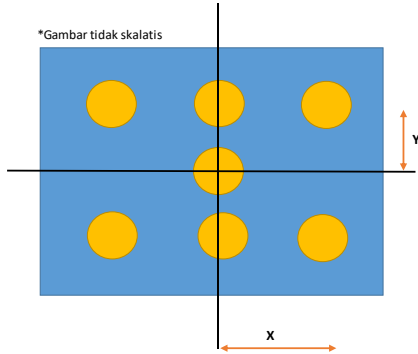
Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 3 pcs
 Total Jumlah = 7 pcs
 Panjang Pilecap = 4,8
 Lebar Pilecap = 4,8

Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arccos \tan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Ce = 0,727

Xmax = 1,8 m $\Sigma x^2 = 12,96$
 Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 19,44$



8 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

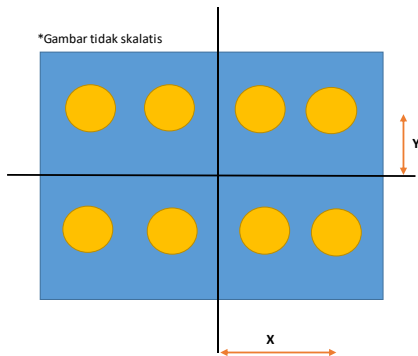
Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 2 pcs
 Jumlah kolom (n) = 4 pcs
 Total Jumlah = 8 pcs
 Panjang Pilecap = 6,6
 Lebar Pilecap = 3

Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arccos \tan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Ce = 0,744

Xmax = 2,7 m $\Sigma x^2 = 32,4$
 Ymax = 0,9 m $\Sigma y^2 = 6,48$



9 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 3 pcs
 Total Jumlah = 9 pcs
 Panjang Pilecap = 4,8
 Lebar Pilecap = 4,8

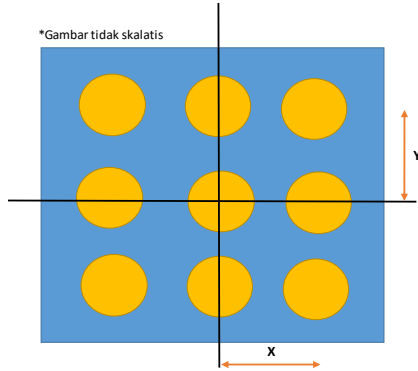
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,727

Xmax = 1,8 m $\Sigma x^2 = 19,44$

Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 19,44$



10 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 2 pcs
 Jumlah kolom (n) = 5 pcs
 Total Jumlah = 10 pcs
 Panjang Pilecap = 8,4
 Lebar Pilecap = 3

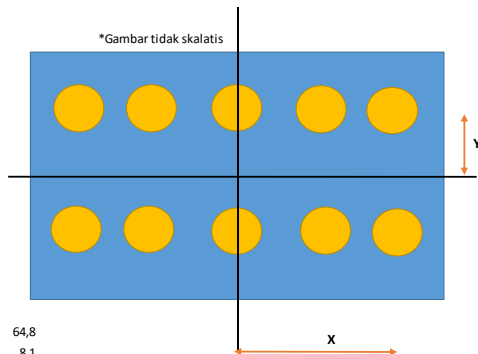
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,734

Xmax = 3,6 m $\Sigma x^2 = 64,8$

Ymax = 0,9 m $\Sigma y^2 = 8,1$



11 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 4 pcs
 Total Jumlah = 11 pcs
 Panjang Pilecap = 6,6
 Lebar Pilecap = 4,8

Efisiensi Tiang Grup

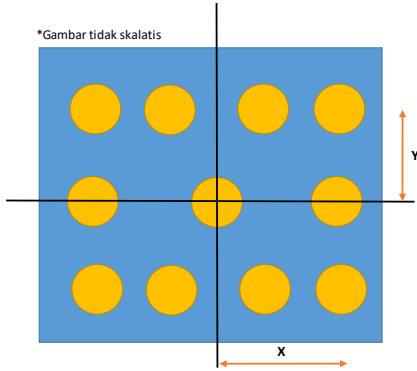
$$C_e = 1 - \frac{\arccos \tan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Ce = 0,71

Xmax = 2,7 m $\Sigma x^2 = 46,98$

Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 25,92$

*Gambar tidak skalatis



12 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 4 pcs
 Total Jumlah = 12 pcs
 Panjang Pilecap = 6,6
 Lebar Pilecap = 4,8

Efisiensi Tiang Grup

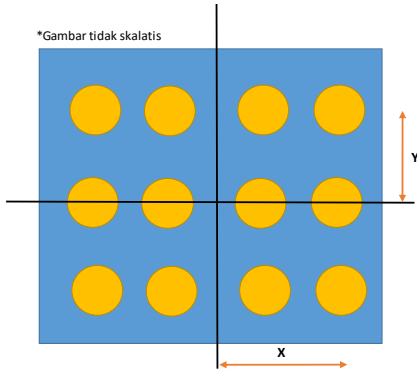
$$C_e = 1 - \frac{\arccos \tan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Ce = 0,71

Xmax = 2,7 m $\Sigma x^2 = 48,6$

Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 25,92$

*Gambar tidak skalatis



13 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arak X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arak Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 5 pcs
 Total Jumlah = 13 pcs
 Panjang Pilecap = 8,4
 Lebar Pilecap = 4,8

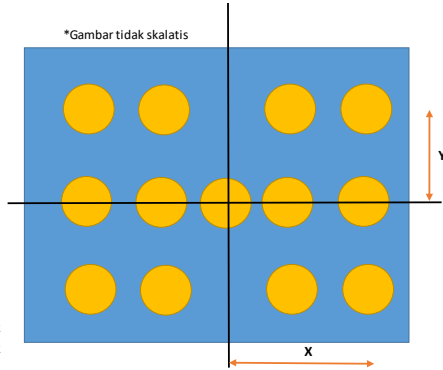
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,7

Xmax = 3,6 m $\Sigma x^2 = 97,2$

Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 25,92$



14 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arak X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arak Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 5 pcs
 Total Jumlah = 14 pcs
 Panjang Pilecap = 8,4
 Lebar Pilecap = 4,8

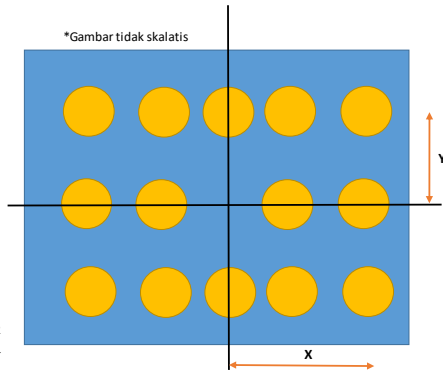
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,7

Xmax = 3,6 m $\Sigma x^2 = 97,2$

Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 32,4$



15 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arak X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arak Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 5 pcs
 Total Jumlah = 15 pcs
 Panjang Pilecap = 8,4
 Lebar Pilecap = 4,8

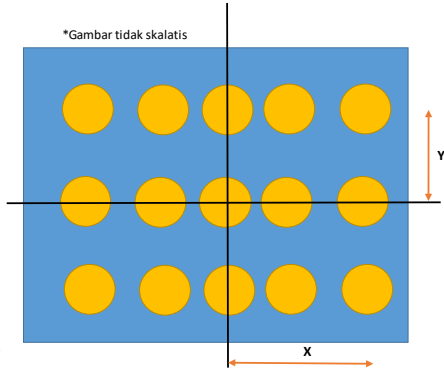
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,7

Xmax = 3,6 m $\Sigma x^2 = 97,2$

Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 32,4$



16 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arak X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arak Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 4 pcs
 Jumlah kolom (n) = 4 pcs
 Total Jumlah = 16 pcs
 Panjang Pilecap = 6,6
 Lebar Pilecap = 6,6

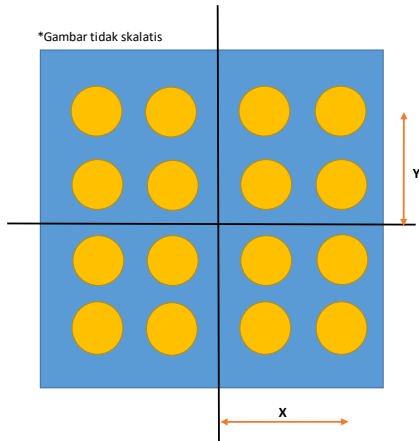
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,693

Xmax = 2,7 m $\Sigma x^2 = 64,8$

Ymax = 2,7 m $\Sigma y^2 = 64,8$



17 TIANG

Diameter 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 4 pcs
 Jumlah kolom (n) = 5 pcs
 Total Jumlah = 17 pcs
 Panjang Pilecap = 8,4
 Lebar Pilecap = 6,6

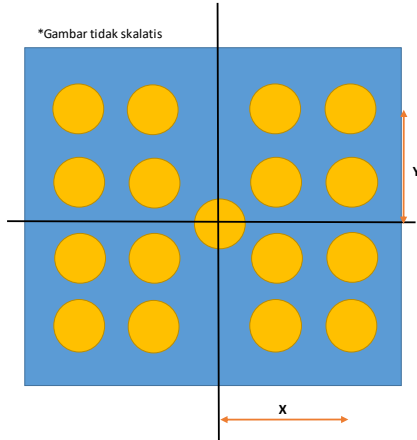
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,683

Xmax = 3,6 m $\Sigma x^2 = 129,6$
 Ymax = 2,7 m $\Sigma y^2 = 64,8$

*Gambar tidak skalatis



18 TIANG

Diameter 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arah X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arah Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 3 pcs
 Jumlah kolom (n) = 6 pcs
 Total Jumlah = 18 pcs
 Panjang Pilecap = 10,2
 Lebar Pilecap = 4,8

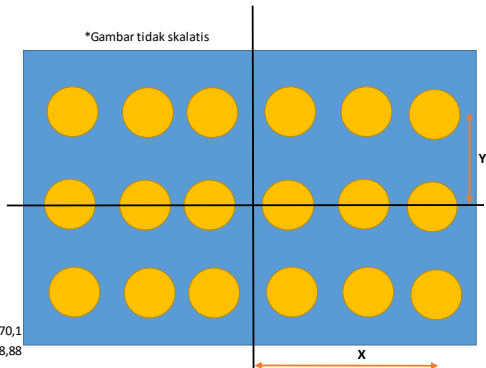
Efisiensi Tiang Grup

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,693

Xmax = 4,5 m $\Sigma x^2 = 170,1$
 Ymax = 1,8 m $\Sigma y^2 = 38,88$

*Gambar tidak skalatis



19 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arak X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arak Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 4 pcs
 Jumlah kolom (n) = 5 pcs
 Total Jumlah = 19 pcs
 Panjang Pilecap = 8,4
 Lebar Pilecap = 6,6

Efisiensi Tiang Grup

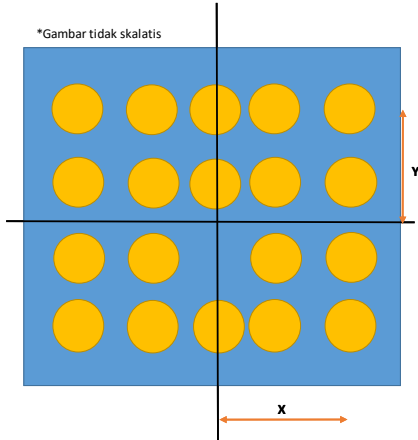
$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,683

Xmax = 3,6 m $\Sigma x^2 = 129,6$

Ymax = 2,7 m $\Sigma y^2 = 80,19$

*Gambar tidak skalatis



20 TIANG

Diameter = 0,6 m

Konfigurasi Tiang

Diameter = 0,6 m
 Jarak Arak X (Sx) = 1,8 m
 Jarak Arak Y (Sy) = 1,8 m
 Jarak Tepi = 0,6 m
 Jumlah baris (m) = 4 pcs
 Jumlah kolom (n) = 5 pcs
 Total Jumlah = 20 pcs
 Panjang Pilecap = 8,4
 Lebar Pilecap = 6,6

Efisiensi Tiang Grup

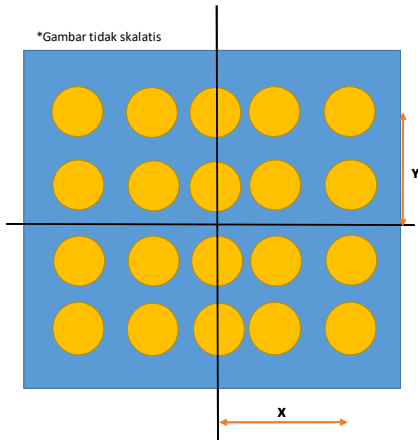
$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\theta/S)}{90^\circ} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Ce = 0,683

Xmax = 3,6 m $\Sigma x^2 = 129,6$

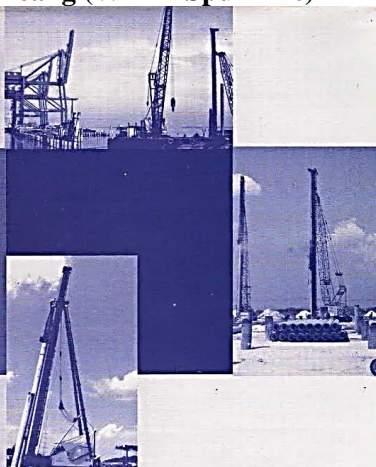
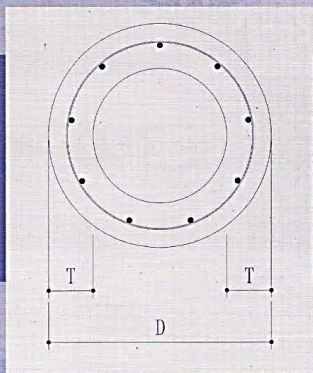
Ymax = 2,7 m $\Sigma y^2 = 81$

*Gambar tidak skalatis



Tabel C.2 Brosur Tiang Pancang (WIKA Spun Pile)

Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (Kg/m)	Length (m)	Bending Moment Crack (Ton.m)	Bending Moment Ultimate (Ton.m)	Allowable Axial Load (Ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN TIANG PANCANG
METODE KONVENSIONAL

1. Tabel D.1 Perhitungan Grup Tiang Pancang Metode
Konvensional Tipe *End Bearing* [48-55]
2. Tabel D.2 Perhitungan Grup Tiang Pancang Metode
Konvensional Tipe *Friction*..... [56-63]

Tabel D.1 Perhitungan Grup Tiang Pancang Metode Konvensional Tipe *End Bearing*

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Niang (pcs)	Ce	Q _g Grup (kN)	E _v /n (kN/m)	EMx (kN.m)	EMy (kN.m)	Xmax (m)	E _x ² (m ²)	Ymax (m)	E _y ² (m ²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax ^x .n (kN)	Q _g Grup (kN)	Kontrol
A1	133	1185.0222	758,6	2	OK	2	758,6	2	0,897584	1361,814	592.510	6.0203	5.8652	0,9	1,62	0	1	595,7685	OK	595,7685	1191,537	1361,814	OK
A2	146	1501,6222	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	500,547	1.6474	8,7494	1	2	1,5	9,92	505,1645	OK	505,1645	1515,494	1853,532	OK
A3	159	1568,146	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,715	2,6884	8,6112	1	2	1,5	9,92	527,429	OK	527,429	1582,287	1853,532	OK
A4	172	1709,6863	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	569,8954	0,1726	9,2955	1	2	1,5	9,92	574,5693	OK	574,5693	1723,708	1853,532	OK
A5	185	1813,4477	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	604,4826	1,2252	8,2823	1	2	1,5	9,92	608,809	OK	608,809	1826,427	1853,532	OK
A6	198	1863,9349	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	465,9837	0,1059	8,529	0,9	3,24	0,9	3,24	468,3823	OK	468,3823	1873,529	2412,855	OK
A7	120	1790,4097	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	596,8032	5,14E-06	9,9946	1	2	1,5	9,92	601,8005	OK	601,8005	1805,402	1853,532	OK
A8	107	1863,935	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	465,9838	0,1059	8,529	0,9	3,24	0,9	3,24	468,3823	OK	468,3823	1873,529	2412,855	OK
A9	94	1813,4478	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	604,4826	1,2252	8,2823	1	2	1,5	9,92	608,809	OK	608,809	1826,427	1853,532	OK
A10	81	1709,6868	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	569,8949	0,1726	9,2955	1	2	1,5	9,92	574,5688	OK	574,5688	1723,704	1853,532	OK
A11	68	1568,136	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,712	2,6883	8,6112	1	2	1,5	9,92	527,4256	OK	527,4256	1582,277	1853,532	OK
A12	55	1501,6331	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	500,5444	1,6472	8,7493	1	2	1,5	9,92	505,1681	OK	505,1681	1515,504	1853,532	OK
A13	1	1185,0058	758,6	2	OK	2	758,6	2	0,897584	1361,814	592,5029	6,0199	5,8653	0,9	1,62	0	1	595,7614	OK	595,7614	1191,523	1361,814	OK
B1	134	1484,2065	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	494,7355	8,9869	1,7142	1	2	1,5	9,92	496,9515	OK	496,9515	1490,855	1853,532	OK
B2	147	1914,8923	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,7231	3,2009	2,9043	0,9	3,24	0,9	3,24	480,419	OK	480,419	1921,676	2412,855	OK
B3	160	1854,9123	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,7281	3,7576	3,7727	0,9	3,24	0,9	3,24	465,8198	OK	465,8198	1863,279	2412,855	OK
B4	173	2027,016	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,534	0,2398	4,1315	0,9	3,24	0,9	3,24	507,9683	OK	507,9683	2031,873	2412,855	OK
B5	186	2278,0493	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	569,5123	1,9456	3,1126	0,9	3,24	0,9	3,24	570,9174	OK	570,9174	2283,67	2412,855	OK
B6	199	2328,0811	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	582,0203	0,1439	2,9018	0,9	3,24	0,9	3,24	582,8663	OK	582,8663	2331,465	2412,855	OK
B7	121	2272,4658	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	588,1165	4,73E-06	3,4638	0,9	3,24	0,9	3,24	569,0786	OK	569,0786	2276,314	2412,855	OK
B8	108	2328,0812	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	582,0203	0,1439	2,9018	0,9	3,24	0,9	3,24	582,8663	OK	582,8663	2331,465	2412,855	OK
B9	95	2278,0495	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	569,5124	1,9455	3,1126	0,9	3,24	0,9	3,24	570,9174	OK	570,9174	2283,67	2412,855	OK
B10	82	2027,0178	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,5345	0,2399	4,1315	0,9	3,24	0,9	3,24	507,9687	OK	507,9687	2031,875	2412,855	OK
B11	69	1854,9237	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,7309	3,7577	3,7726	0,9	3,24	0,9	3,24	465,8227	OK	465,8227	1863,291	2412,855	OK
B12	56	1914,8849	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,7212	3,2011	2,9043	0,9	3,24	0,9	3,24	480,4172	OK	480,4172	1921,669	2412,855	OK
B13	2	1484,2139	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	494,738	8,9873	1,7141	1	2	1,5	9,92	496,954	OK	496,954	1490,862	1853,532	OK
C1	135	1507,6694	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	502,5565	8,987	2,6461	1	2	1,5	9,92	505,2384	OK	505,2384	1515,515	1853,532	OK
C2	148	1928,9744	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	482,2436	3,2411	3,71	0,9	3,24	0,9	3,24	484,1745	OK	484,1745	1936,698	2412,855	OK
C3	161	1855,8752	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,9688	3,7123	4,4074	0,9	3,24	0,9	3,24	466,2243	OK	466,2243	1864,897	2412,855	OK
C4	174	2024,7343	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,1836	0,477	4,5154	0,9	3,24	0,9	3,24	507,5704	OK	507,5704	2030,281	2412,855	OK
C5	187	2187,6639	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	546,916	2,1077	3,1978	0,9	3,24	0,9	3,24	548,3897	OK	548,3897	2193,559	2412,855	OK
C6	200	2339,4976	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	584,8744	0,0008	3,2278	0,9	3,24	0,9	3,24	585,7712	OK	585,7712	2343,085	2412,855	OK
C7	122	2278,1219	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	569,5035	4,15E-06	3,6791	0,9	3,24	0,9	3,24	570,5524	OK	570,5524	2282,21	2412,855	OK
C8	109	2339,4973	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	584,8744	0,0008	3,2278	0,9	3,24	0,9	3,24	585,7712	OK	585,7712	2343,085	2412,855	OK
C9	96	2187,664	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	546,916	2,1077	3,1978	0,9	3,24	0,9	3,24	548,3898	OK	548,3898	2193,559	2412,855	OK
C10	83	2024,7358	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,184	0,4771	4,5154	0,9	3,24	0,9	3,24	507,5708	OK	507,5708	2030,283	2412,855	OK
C11	70	1855,8875	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,9719	3,7124	4,4074	0,9	3,24	0,9	3,24	466,2274	OK	466,2274	1864,91	2412,855	OK
C12	57	1928,9776	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	482,2444	3,2413	3,71	0,9	3,24	0,9	3,24	484,1753	OK	484,1753	1936,701	2412,855	OK
C13	3	1507,6642	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	502,5547	8,9874	2,646	1	2	1,5	9,92	505,2367	OK	505,2367	1515,71	1853,532	OK
D1	136	1545,8332	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	515,2777	7,3537	1,767	1	2	1,5	9,92	517,2732	OK	517,2732	1551,82	1853,532	OK
D2	149	1906,811	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	476,7208	2,3246	2,9861	0,9	3,24	0,9	3,24	478,1779	OK	478,1779	1912,712	2412,855	OK
D3	162	1914,2118	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,553	3,0653	3,0003	0,9	3,24	0,9	3,24	480,2628	OK	480,2628	1921,051	2412,855	OK
D4	175	1979,3568	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	494,8392	1,0876	3,9643	0,9	3,24	0,9	3,24	496,2425	OK	496,2425	1984,97	2412,855	OK
D5	188	1804,2498	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	601,4166	1,2379	6,0622	1	2	1,5	9,92	604,6349	OK	604,6349	1813,905	1853,532	OK
D6	201	1954,4453	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	488,6113	0,0898	5,8755	0,9	3,24	0,9	3,24	490,2684	OK	490,2684	1961,073	2412,855	OK
D7	123	1877,9205	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	469,4801	3,58E-06	6,4108	0,9	3,24	0,9	3,24	471,2609	OK	471,2609	1885,044	2412,855	OK

Konvensional *End Bearing*

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ⁴)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/feet ²)	f (tons/feet ²)	f (kg/cm ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fm	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Merack (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jumlah Tiang
A1	133	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30108	0,000711	17	4,03821E-11	OK	OK	2
A2	146	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,44092	0,001042	17	5,9138E-11	OK	OK	3
A3	159	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,823E-11	OK	OK	3
A4	172	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,46952	0,00111	17	6,29739E-11	OK	OK	3
A5	185	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,41766	0,000987	17	5,60183E-11	OK	OK	3
A6	198	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	4
A7	120	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,50617	0,001196	17	6,78896E-11	OK	OK	3
A8	107	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	4
A9	94	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,41766	0,000987	17	5,60183E-11	OK	OK	3
A10	81	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,46952	0,00111	17	6,29739E-11	OK	OK	3
A11	68	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,823E-11	OK	OK	3
A12	55	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,44092	0,001042	17	5,9138E-11	OK	OK	3
A13	1	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30106	0,000711	17	4,03794E-11	OK	OK	2
B1	134	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45263	0,00107	17	6,07086E-11	OK	OK	3
B2	147	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16954	0,000401	17	2,27394E-11	OK	OK	4
B3	160	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	4
B4	173	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,21606	0,000511	17	2,89789E-11	OK	OK	4
B5	186	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	4
B6	199	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15223	0,00036	17	2,04177E-11	OK	OK	4
B7	121	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18087	0,000427	17	2,4259E-11	OK	OK	4
B8	108	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15223	0,00036	17	2,04177E-11	OK	OK	4
B9	95	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	4
B10	82	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,21606	0,000511	17	2,89789E-11	OK	OK	4
B11	69	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	4
B12	56	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16954	0,000401	17	2,27394E-11	OK	OK	4
B13	2	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45263	0,00107	17	6,07113E-11	OK	OK	3
C1	135	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,4526	0,00107	17	6,07046E-11	OK	OK	3
C2	148	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18525	0,000438	17	2,48465E-11	OK	OK	4
C3	161	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22132	0,000523	17	2,96843E-11	OK	OK	4
C4	174	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22734	0,000537	17	3,04918E-11	OK	OK	4
C5	187	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16032	0,000379	17	2,15028E-11	OK	OK	4
C6	200	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16216	0,000383	17	2,17496E-11	OK	OK	4
C7	122	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18544	0,000438	17	2,4872E-11	OK	OK	4
C8	109	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16216	0,000383	17	2,17496E-11	OK	OK	4
C9	96	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16032	0,000379	17	2,15028E-11	OK	OK	4
C10	83	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22734	0,000537	17	3,04918E-11	OK	OK	4
C11	70	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22131	0,000523	17	2,9683E-11	OK	OK	4
C12	57	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18525	0,000438	17	2,48465E-11	OK	OK	4
C13	3	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45262	0,00107	17	6,07072E-11	OK	OK	3
D1	136	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,36865	0,000871	17	4,94448E-11	OK	OK	3
D2	149	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15616	0,000369	17	2,09448E-11	OK	OK	4
D3	162	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16128	0,000381	17	2,16315E-11	OK	OK	4
D4	175	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20538	0,000485	17	2,75464E-11	OK	OK	4
D5	188	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,31207	0,000737	17	4,18561E-11	OK	OK	3
D6	201	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30187	0,000713	17	4,0488E-11	OK	OK	4
D7	123	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,32941	0,000778	17	4,41818E-11	OK	OK	4

Konvensional End Bearing

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q _i Grup (kN)	ZV/n (kN)	ZMx (kN-m)	ZMy (kN-m)	Xmax (m)	Zx² (m²)	Ymax (m)	Zy² (m²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax* ⁿ (kN)	Q _i Grup (kN)	Kontrol
D8	110	1954,4452	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	488,6113	0,0898	5,8755	0,9	3,24	0,9	3,24	490,2683	OK	490,2683	1961,073	2412,855	OK
D9	97	1804,2497	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	601,4166	1,2379	6,0622	1	2	1,5	9,92	604,6348	OK	604,6348	1813,905	1853,532	OK
D10	84	1979,3559	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	494,839	1,0876	3,9643	0,9	3,24	0,9	3,24	496,2423	OK	496,2423	1984,969	2412,855	OK
D11	71	1914,1991	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,5498	3,0652	3,0903	0,9	3,24	0,9	3,24	480,2596	OK	480,2596	1921,039	2412,855	OK
D12	58	1906,805	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	476,7013	2,3244	2,9862	0,9	3,24	0,9	3,24	478,1764	OK	478,1764	1912,706	2412,855	OK
D13	4	1545,8426	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	515,2809	7,3534	1,767	1	2	1,5	9,92	517,2763	OK	517,2763	1551,829	1853,532	OK
E1	137	1568,0511	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,6837	7,4438	2,7037	1	2	1,5	9,92	525,1611	OK	525,1611	1575,483	1853,532	OK
E2	150	1931,6152	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	482,9038	2,3747	4,0023	0,9	3,24	0,9	3,24	484,6752	OK	484,6752	1938,701	2412,855	OK
E3	163	1924,3654	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	481,0914	3,0058	4,0554	0,9	3,24	0,9	3,24	483,0528	OK	483,0528	1932,211	2412,855	OK
E4	176	1857,0156	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	464,2539	1,805	3,6544	0,9	3,24	0,9	3,24	465,7704	OK	465,7704	1863,082	2412,855	OK
E5	189	1363,4006	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	454,4669	0,517	2,9774	1	2	1,5	9,92	456,0337	OK	456,0337	1368,101	1853,532	OK
E6	202	1403,2457	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	467,7486	0,1311	2,4651	1	2	1,5	9,92	469,0009	OK	469,0009	1407,003	1853,532	OK
E7	124	1424,5971	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	474,8657	7,37E-06	2,9417	1	2	1,5	9,92	476,3366	OK	476,3366	1429,01	1853,532	OK
E8	111	1403,2463	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	467,7488	0,1311	2,4651	1	2	1,5	9,92	469,0011	OK	469,0011	1407,003	1853,532	OK
E9	98	1363,4003	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	454,4668	0,517	2,9774	1	2	1,5	9,92	456,0336	OK	456,0336	1368,101	1853,532	OK
E10	85	1857,015	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	464,2538	1,8049	3,6544	0,9	3,24	0,9	3,24	465,7702	OK	465,7702	1863,081	2412,855	OK
E11	72	1924,3523	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	481,0881	3,0057	4,0554	0,9	3,24	0,9	3,24	483,0495	OK	483,0495	1932,198	2412,855	OK
E12	59	1931,6062	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	482,9016	2,3745	4,0023	0,9	3,24	0,9	3,24	484,6729	OK	484,6729	1938,692	2412,855	OK
E13	5	1568,0626	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,6875	7,4435	2,7037	1	2	1,5	9,92	525,1649	OK	525,1649	1575,495	1853,532	OK
F1	138	1806,6413	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	602,2138	8,6052	0,226	1	2	1,5	9,92	603,628	OK	603,628	1810,884	1853,532	OK
F2	151	2261,3092	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	465,3273	2,6334	0,285	0,9	3,24	0,9	3,24	566,138	OK	566,138	2264,552	2412,855	OK
F3	164	2308,9555	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	577,2389	3,4081	0,2804	0,9	3,24	0,9	3,24	578,2635	OK	578,2635	2313,054	2412,855	OK
F4	177	2140,9181	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	535,2295	3,3453	0,1654	0,9	3,24	0,9	3,24	535,9294	OK	535,9294	2143,718	2412,855	OK
F5	190	1458,7743	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	486,2581	0,362	0,0661	1	2	1,5	9,92	486,3459	OK	486,3459	1459,038	1853,532	OK
F6	203	1462,3983	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	487,4661	0,0887	0,1343	1	2	1,5	9,92	487,5467	OK	487,5467	1462,64	1853,532	OK
F7	125	1487,7772	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	495,9257	0,0001	0,1977	1	2	1,5	9,92	496,0246	OK	496,0246	1488,074	1853,532	OK
F8	112	1462,4093	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	487,4660	0,0888	0,1343	1	2	1,5	9,92	487,5503	OK	487,5503	1462,651	1853,532	OK
F9	99	1458,769	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	486,2563	0,362	0,0661	1	2	1,5	9,92	486,3441	OK	486,3441	1459,032	1853,532	OK
F10	86	2140,9274	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	535,2319	3,3543	0,1654	0,9	3,24	0,9	3,24	535,9318	OK	535,9318	2143,727	2412,855	OK
F11	73	2308,9639	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	577,241	3,4081	0,2804	0,9	3,24	0,9	3,24	578,2656	OK	578,2656	2313,062	2412,855	OK
F12	60	2261,312	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	565,328	2,6335	0,2651	0,9	3,24	0,9	3,24	566,1387	OK	566,1387	2264,555	2412,855	OK
F13	6	1806,6349	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	602,2116	8,6054	0,226	1	2	1,5	9,92	603,6259	OK	603,6259	1810,878	1853,532	OK
G1	139	1845,0459	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	615,0153	8,6131	0,0989	1	2	1,5	9,92	616,3671	OK	616,3671	1849,101	1853,532	OK
G2	152	2307,035	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	576,7588	2,9994	0,1062	0,9	3,24	0,9	3,24	577,5381	OK	577,5381	2310,152	2412,855	OK
G3	165	2332,429	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	583,1073	3,975	0,0809	0,9	3,24	0,9	3,24	584,0735	OK	584,0735	2336,294	2412,855	OK
G4	178	2192,0696	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	548,0174	2,3871	0,1143	0,9	3,24	0,9	3,24	548,7122	OK	548,7122	2194,849	2412,855	OK
G5	191	1489,5785	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,5262	0,0886	0,1109	1	2	1,5	9,92	496,6253	OK	496,6253	1489,876	1853,532	OK
G6	204	1488,3857	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,1286	0,0557	0,1027	1	2	1,5	9,92	496,1883	OK	496,1883	1488,565	1853,532	OK
G7	126	1495,1933	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	498,3978	0,0001	0,0807	1	2	1,5	9,92	498,4381	OK	498,4381	1495,314	1853,532	OK
G8	113	1488,3742	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,1247	0,0557	0,1026	1	2	1,5	9,92	496,1845	OK	496,1845	1488,553	1853,532	OK
G9	100	1489,585	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,5283	0,0886	0,1109	1	2	1,5	9,92	496,6274	OK	496,6274	1489,882	1853,532	OK
G10	87	2192,0648	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	548,0162	2,3871	0,1143	0,9	3,24	0,9	3,24	548,711	OK	548,711	2194,844	2412,855	OK
G11	74	2332,429	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	583,1082	3,976	0,0809	0,9	3,24	0,9	3,24	584,0745	OK	584,0745	2336,298	2412,855	OK
G12	61	2307,0345	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	576,7586	2,9994	0,1062	0,9	3,24	0,9	3,24	577,538	OK	577,538	2310,152	2412,855	OK
G13	7	1845,0429	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	615,0143	8,6132	0,0989	1	2	1,5	9,92	616,3661	OK	616,3661	1849,098	1853,532	OK
H1	140	1845,0732	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	615,0244	8,6135	0,0985	1	2	1,5	9,92	616,3761	OK	616,3761	1849,128	1853,532	OK

Konvensional End Bearing

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ⁴)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/feet ²)	f (tons/feet ²)	f (kg/cm ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fm	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Mcrack (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jumlah Tiang (pcs)
D8	110	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30187	0,000713	17	4,0488E-11	OK	OK	4
D9	97	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,31207	0,000737	17	4,18561E-11	OK	OK	3
D10	84	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20538	0,000485	17	2,75464E-11	OK	OK	4
D11	71	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16128	0,000381	17	2,16315E-11	OK	OK	4
D12	58	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15616	0,000369	17	2,09448E-11	OK	OK	4
D13	4	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,36863	0,000871	17	4,94422E-11	OK	OK	3
E1	137	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,37326	0,000882	17	5,00632E-11	OK	OK	3
E2	150	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20149	0,000476	17	2,70247E-11	OK	OK	4
E3	163	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20446	0,000483	17	2,7423E-11	OK	OK	4
E4	176	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18446	0,000436	17	2,47405E-11	OK	OK	4
E5	189	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15063	0,000356	17	2,02031E-11	OK	OK	3
E6	202	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12486	0,000295	17	1,67467E-11	OK	OK	3
E7	124	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14926	0,000353	17	2,00194E-11	OK	OK	3
E8	111	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12486	0,000295	17	1,67467E-11	OK	OK	3
E9	98	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15063	0,000356	17	2,02031E-11	OK	OK	3
E10	85	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18446	0,000436	17	2,47405E-11	OK	OK	4
E11	72	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20446	0,000483	17	2,7423E-11	OK	OK	4
E12	59	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20149	0,000476	17	2,70247E-11	OK	OK	4
E13	5	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,37324	0,000882	17	5,00605E-11	OK	OK	3
F1	138	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43326	0,001022	17	5,80221E-11	OK	OK	3
F2	151	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14146	0,000334	17	1,89732E-11	OK	OK	4
F3	164	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16943	0,0004	17	2,27246E-11	OK	OK	4
F4	177	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12364	0,000292	17	1,65831E-11	OK	OK	4
F5	190	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01628	3,85E-05	17	2,18354E-12	OK	OK	3
F6	203	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00777	1,84E-05	17	1,04214E-12	OK	OK	3
F7	125	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01096	2,59E-05	17	1,47E-12	OK	OK	3
F8	112	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00778	1,84E-05	17	1,04349E-12	OK	OK	3
F9	99	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01628	3,85E-05	17	2,18354E-12	OK	OK	3
F10	86	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12364	0,000292	17	1,65831E-11	OK	OK	4
F11	73	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16943	0,0004	17	2,27246E-11	OK	OK	4
F12	60	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14146	0,000334	17	1,89732E-11	OK	OK	4
F13	6	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43361	0,001022	17	5,80234E-11	OK	OK	3
G1	139	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43307	0,001023	17	5,80851E-11	OK	OK	3
G2	152	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14373	0,00034	17	1,92777E-11	OK	OK	4
G3	165	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16898	0,000399	17	2,26643E-11	OK	OK	4
G4	178	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12523	0,000296	17	1,67964E-11	OK	OK	4
G5	191	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01261	2,98E-05	17	1,6913E-12	OK	OK	3
G6	204	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00494	1,17E-05	17	6,62573E-13	OK	OK	3
G7	126	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00385	9,1E-06	17	5,16378E-13	OK	OK	3
G8	113	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00494	1,17E-05	17	6,62573E-13	OK	OK	3
G9	100	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01261	2,98E-05	17	1,6913E-12	OK	OK	3
G10	87	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12523	0,000296	17	1,67964E-11	OK	OK	4
G11	74	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16898	0,000399	17	2,26643E-11	OK	OK	4
G12	61	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14373	0,00034	17	1,92777E-11	OK	OK	4
G13	7	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43307	0,001023	17	5,80851E-11	OK	OK	3
H1	140	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43309	0,001023	17	5,80878E-11	OK	OK	3

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Q ₁ d (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q ₁ Grup (kN)	ZV/n (kN)	ZMx (kN-m)	ZMy (kN-m)	Xmax (m)	Σx ² (m ²)	Ymax (m)	Σy ² (m ²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax ⁿ (kN)	Q ₁ Grup	Kontrol
H2	153	2307,0982	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	577,776	2,6995	0,1052	0,9	3,24	0,9	3,24	577,5536	OK	577,5536	2310,215	2412,855	OK
H3	166	2332,4466	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	583,112	3,3979	0,0802	0,9	3,24	0,9	3,24	584,0773	OK	584,0773	2336,309	2412,855	OK
H4	179	2192,0903	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	548,0226	2,3877	0,1139	0,9	3,24	0,9	3,24	548,7175	OK	548,7175	2194,87	2412,855	OK
H5	192	1489,5116	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,5039	0,2882	0,1152	1	2	1,5	9,92	496,605	OK	496,605	1489,815	1853,532	OK
H6	205	1488,3437	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,1146	0,0563	0,1035	1	2	1,5	9,92	496,1748	OK	496,1748	1488,524	1853,532	OK
H7	127	1495,1401	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	498,38	0,0001	0,0819	1	2	1,5	9,92	498,421	OK	498,421	1495,263	1853,532	OK
H8	114	1488,3336	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,112	0,0562	0,1034	1	2	1,5	9,92	496,1714	OK	496,1714	1488,514	1853,532	OK
H9	101	1489,5239	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	496,508	0,2882	0,1151	1	2	1,5	9,92	496,6091	OK	496,6091	1489,827	1853,532	OK
H10	88	2192,0983	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	548,0246	2,3877	0,1138	0,9	3,24	0,9	3,24	548,7194	OK	548,7194	2194,878	2412,855	OK
H11	75	2332,4395	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	583,1099	3,398	0,0804	0,9	3,24	0,9	3,24	584,0761	OK	584,0761	2336,304	2412,855	OK
H12	62	2307,0879	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	576,772	2,6996	0,1052	0,9	3,24	0,9	3,24	577,5511	OK	577,5511	2310,204	2412,855	OK
H13	8	1845,0681	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	615,0227	8,6136	0,0986	1	2	1,5	9,92	616,3745	OK	616,3745	1849,123	1853,532	OK
I1	141	1806,7474	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	602,2491	8,6074	0,2259	1	2	1,5	9,92	603,6636	OK	603,6636	1810,991	1853,532	OK
I2	154	2261,9858	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	565,4965	2,656	0,2669	0,9	3,24	0,9	3,24	566,3084	OK	566,3084	2265,233	2412,855	OK
I3	167	2309,1563	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	577,2891	3,4126	0,2813	0,9	3,24	0,9	3,24	578,3152	OK	578,3152	2313,261	2412,855	OK
I4	180	2141,5412	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	535,3853	2,3645	0,1637	0,9	3,24	0,9	3,24	536,0876	OK	536,0876	2144,53	2412,855	OK
I5	193	1456,9938	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	485,6646	0,2546	0,0739	1	2	1,5	9,92	485,7352	OK	485,7352	1457,266	1853,532	OK
I6	206	1462,7465	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	487,5822	0,0938	0,1382	1	2	1,5	9,92	487,6655	OK	487,6655	1462,996	1853,532	OK
I7	128	1487,5491	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	495,8497	0,0001	0,2015	1	2	1,5	9,92	495,9508	OK	495,9508	1487,851	1853,532	OK
I8	115	1462,7702	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	487,5901	0,0938	0,1382	1	2	1,5	9,92	487,6734	OK	487,6734	1463,012	1853,532	OK
I9	102	1457,0328	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	485,6776	0,2546	0,0737	1	2	1,5	9,92	485,7681	OK	485,7681	1457,304	1853,532	OK
I10	89	2141,6223	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	535,4056	2,3644	0,1639	0,9	3,24	0,9	3,24	536,1079	OK	536,1079	2144,43	2412,855	OK
I11	76	209,0717	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	577,2679	3,4124	0,2809	0,9	3,24	0,9	3,24	578,2938	OK	578,2938	2313,175	2412,855	OK
I12	63	2261,9423	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	565,4856	2,6561	0,2668	0,9	3,24	0,9	3,24	566,2975	OK	566,2975	2265,19	2412,855	OK
I13	9	1806,7358	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	602,2453	8,6075	0,2259	1	2	1,5	9,92	603,6598	OK	603,6598	1810,979	1853,532	OK
J1	142	1568,1328	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,7109	7,4459	2,704	1	2	1,5	9,92	525,1888	OK	525,1888	1575,566	1853,532	OK
J2	155	1932,2064	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	483,0516	2,3778	0,4006	0,9	3,24	0,9	3,24	484,8237	OK	484,8237	1939,295	2412,855	OK
J3	168	1924,215	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	481,0788	3,0099	0,4052	0,9	3,24	0,9	3,24	483,0416	OK	483,0416	1932,166	2412,855	OK
J4	181	1857,661	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	464,4153	1,8154	3,658	0,9	3,24	0,9	3,24	465,9356	OK	465,9356	1863,743	2412,855	OK
J5	194	1361,6462	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	453,8821	0,5088	2,9817	1	2	1,5	9,92	455,4499	OK	455,4499	1366,35	1853,532	OK
J6	207	1403,5821	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	467,8607	1,361	2,4692	1	2	1,5	9,92	469,1159	OK	469,1159	1407,348	1853,532	OK
J7	129	1424,3266	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	474,7762	2,2605	2,9452	1	2	1,5	9,92	476,2488	OK	476,2488	1428,746	1853,532	OK
J8	116	1403,5711	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	467,857	0,1361	2,4692	1	2	1,5	9,92	469,1122	OK	469,1122	1407,337	1853,532	OK
J9	103	1361,606	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	453,8687	0,5087	2,9818	1	2	1,5	9,92	455,4365	OK	455,4365	1366,309	1853,532	OK
J10	90	1857,5858	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	464,3965	1,8154	3,658	0,9	3,24	0,9	3,24	465,9168	OK	465,9168	1863,667	2412,855	OK
J11	77	1924,4012	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	481,1003	3,01	4,056	0,9	3,24	0,9	3,24	483,0631	OK	483,0631	1932,252	2412,855	OK
J12	64	1932,2317	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	483,0579	2,3775	4,0016	0,9	3,24	0,9	3,24	484,8299	OK	484,8299	1939,32	2412,855	OK
J13	10	1568,148	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,716	7,4457	2,704	1	2	1,5	9,92	525,1939	OK	525,1939	1575,582	1853,532	OK
K1	143	1545,8876	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	515,2959	7,3546	1,7666	1	2	1,5	9,92	517,2913	OK	517,2913	1551,874	1853,532	OK
K2	156	1906,9628	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	476,7407	2,3249	2,9842	0,9	3,24	0,9	3,24	478,2155	OK	478,2155	1912,862	2412,855	OK
K3	169	1914,1976	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,5494	3,0659	3,9094	0,9	3,24	0,9	3,24	480,2595	OK	480,2595	1921,038	2412,855	OK
K4	182	1979,398	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	494,8495	1,0882	3,963	0,9	3,24	0,9	3,24	496,2526	OK	496,2526	1985,01	2412,855	OK
K5	195	1804,1444	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	601,5815	1,2374	6,0707	1	2	1,5	9,92	604,6039	OK	604,6039	1813,812	1853,532	OK
K6	208	1954,5106	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	488,6277	0,908	5,8763	0,9	3,24	0,9	3,24	490,2852	OK	490,2852	1961,141	2412,855	OK
K7	130	1877,8832	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	469,4708	8,19506	6,4127	0,9	3,24	0,9	3,24	471,2521	OK	471,2521	1885,008	2412,855	OK
K8	117	1954,5077	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	488,6269	0,908	5,8764	0,9	3,24	0,9	3,24	490,2845	OK	490,2845	1961,138	2412,855	OK

Konvensional End Bearing

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ⁴)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/feet ²)	f (kg/cm ²)	f (kg/cm ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fm	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Mcrack (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jumlah Tiang (pcs)	
H2	153	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14373	0,00034	17	1,92777E-11	OK	OK	4
H3	166	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,169	0,000399	17	2,2667E-11	OK	OK	4
H4	179	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12526	0,000296	17	1,68004E-11	OK	OK	4
H5	192	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01259	2,98E-05	17	1,68862E-12	OK	OK	3
H6	205	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,000498	1,18E-05	17	6,67938E-13	OK	OK	3
H7	127	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00039	9,22E-06	17	5,23084E-13	OK	OK	3
H8	114	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,000498	1,18E-05	17	6,67938E-13	OK	OK	3
H9	101	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01259	2,98E-05	17	1,68862E-12	OK	OK	3
H10	88	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12527	0,000296	17	1,68017E-11	OK	OK	4
H11	75	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,169	0,000399	17	2,2667E-11	OK	OK	4
H12	62	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14374	0,00034	17	1,9279E-11	OK	OK	4
H13	8	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43309	0,001023	17	5,80878E-11	OK	OK	3
I1	141	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,4327	0,001023	17	5,80355E-11	OK	OK	3
I2	154	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,1416	0,000335	17	1,8992E-11	OK	OK	4
I3	167	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16965	0,000401	17	2,27542E-11	OK	OK	4
I4	180	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12417	0,000293	17	1,66542E-11	OK	OK	4
I5	193	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01589	3,76E-05	17	2,13123E-12	OK	OK	3
I6	206	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00798	1,89E-05	17	1,07031E-12	OK	OK	3
I7	128	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01116	2,64E-05	17	1,49682E-12	OK	OK	3
I8	115	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,00798	1,89E-05	17	1,07031E-12	OK	OK	3
I9	102	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,01589	3,76E-05	17	2,13123E-12	OK	OK	3
I10	89	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12417	0,000293	17	1,66542E-11	OK	OK	4
I11	76	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16964	0,000401	17	2,27528E-11	OK	OK	4
I12	63	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14161	0,000335	17	1,89933E-11	OK	OK	4
I13	9	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43271	0,001023	17	5,80368E-11	OK	OK	3
J1	142	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,37336	0,000882	17	5,00766E-11	OK	OK	3
J2	155	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20145	0,000476	17	2,70193E-11	OK	OK	4
J3	168	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,2045	0,000483	17	2,74284E-11	OK	OK	4
J4	181	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18464	0,000436	17	2,47647E-11	OK	OK	4
J5	194	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15085	0,000356	17	2,02326E-11	OK	OK	3
J6	207	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12506	0,000296	17	1,67736E-11	OK	OK	3
J7	129	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,14944	0,000353	17	2,00435E-11	OK	OK	3
J8	116	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,12507	0,000296	17	1,67749E-11	OK	OK	3
J9	103	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15086	0,000357	17	2,02342E-11	OK	OK	3
J10	90	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18464	0,000436	17	2,47647E-11	OK	OK	4
J11	77	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20449	0,000483	17	2,7427E-11	OK	OK	4
J12	64	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20145	0,000476	17	2,70193E-11	OK	OK	4
J13	10	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,37335	0,000882	17	5,00752E-11	OK	OK	3
K1	143	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,36869	0,000871	17	4,94502E-11	OK	OK	3
K2	156	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15607	0,000369	17	2,09327E-11	OK	OK	4
K3	169	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16129	0,000381	17	2,16329E-11	OK	OK	4
K4	182	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20531	0,000485	17	2,7537E-11	OK	OK	4
K5	195	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,3125	0,000738	17	4,19138E-11	OK	OK	3
K6	208	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30192	0,000713	17	4,04947E-11	OK	OK	4
K7	130	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,32951	0,000779	17	4,41952E-11	OK	OK	4
K8	117	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,12825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30192	0,000713	17	4,04947E-11	OK	OK	4

Konvensional End Bearing

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pes)	Ce	Q ₁ Grup (kN)	ZV/n (kN)	ZMx (kN-m)	ZMy (kN-m)	Xmax (m)	Zx ² (m ²)	Ymax (m)	Zy ² (m ²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax* ⁿ (kN)	Q ₁ Grup (kN)	Kontrol
K9	104	1804,1335	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	601,3778	1,2374	6,0708	1	2	1,5	9,92	604,6003	OK	604,6003	1813,801	1853,532	OK
K10	91	1979,3709	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	494,8427	1,0883	3,9632	0,9	3,24	0,9	3,24	496,2459	OK	496,2459	1984,984	2412,855	OK
K11	78	1914,2092	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,5523	3,0658	3,09	0,9	3,24	0,9	3,24	480,2622	OK	480,2622	1921,049	2412,855	OK
K12	65	1906,9748	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	476,7437	2,3246	2,9841	0,9	3,24	0,9	3,24	478,2183	OK	478,2183	1912,873	2412,855	OK
K13	11	1545,9003	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	515,3001	7,3543	1,7666	1	2	1,5	9,92	517,2954	OK	517,2954	1551,886	1853,532	OK
L1	144	1507,6774	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	502,5591	8,9873	2,6464	1	2	1,5	9,92	505,2413	OK	505,2413	1515,724	1853,532	OK
L2	157	1928,9788	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	482,2447	3,241	3,7102	0,9	3,24	0,9	3,24	484,1756	OK	484,1756	1936,702	2412,855	OK
L3	170	1855,8559	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,964	3,7127	4,4077	0,9	3,24	0,9	3,24	466,2196	OK	466,2196	1864,879	2412,855	OK
L4	183	2024,8267	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,2067	0,477	4,5159	0,9	3,24	0,9	3,24	507,5936	OK	507,5936	2030,374	2412,855	OK
L5	196	2187,6451	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	546,9113	2,1075	3,1981	0,9	3,24	0,9	3,24	548,3851	OK	548,3851	2193,54	2412,855	OK
L6	209	2339,4689	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	584,8672	0,001	3,2282	0,9	3,24	0,9	3,24	585,7642	OK	585,7642	2343,057	2412,855	OK
L7	131	2278,1365	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	569,5341	2,28E-06	3,6793	0,9	3,24	0,9	3,24	570,5562	OK	570,5562	2282,225	2412,855	OK
L8	118	2339,4685	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	584,8671	0,001	3,2282	0,9	3,24	0,9	3,24	585,7641	OK	585,7641	2343,057	2412,855	OK
L9	105	2187,6441	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	546,911	2,1075	3,1981	0,9	3,24	0,9	3,24	548,3848	OK	548,3848	2193,539	2412,855	OK
L10	92	2024,8263	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,2066	0,4771	4,5159	0,9	3,24	0,9	3,24	507,5935	OK	507,5935	2030,374	2412,855	OK
L11	79	1855,8695	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,9674	3,7128	4,4076	0,9	3,24	0,9	3,24	466,223	OK	466,223	1864,892	2412,855	OK
L12	66	1928,9844	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	482,2461	3,2412	3,7103	0,9	3,24	0,9	3,24	484,1771	OK	484,1771	1936,708	2412,855	OK
L13	12	1507,674	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	502,558	8,9877	2,6463	1	2	1,5	9,92	505,2402	OK	505,2402	1515,721	1853,532	OK
M1	145	1484,2071	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	494,7357	8,9871	1,7139	1	2	1,5	9,92	496,9516	OK	496,9516	1490,855	1853,532	OK
M2	158	1914,8981	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,7245	3,2007	2,9041	0,9	3,24	0,9	3,24	480,4203	OK	480,4203	1921,681	2412,855	OK
M3	171	1854,9305	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,7326	3,7577	3,7726	0,9	3,24	0,9	3,24	465,8244	OK	465,8244	1863,298	2412,855	OK
M4	184	2027,0093	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,7523	0,2397	4,1313	0,9	3,24	0,9	3,24	507,9665	OK	507,9665	2031,866	2412,855	OK
M5	197	2278,0468	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	569,5117	1,9457	3,1126	0,9	3,24	0,9	3,24	570,9168	OK	570,9168	2283,667	2412,855	OK
M6	210	2338,0784	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	582,0196	0,1439	2,9018	0,9	3,24	0,9	3,24	582,8656	OK	582,8656	2331,463	2412,855	OK
M7	132	2272,4454	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	568,1114	2,22E-06	3,4638	0,9	3,24	0,9	3,24	569,0735	OK	569,0735	2276,294	2412,855	OK
M8	119	2338,0782	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	582,0196	0,1439	2,9018	0,9	3,24	0,9	3,24	582,8656	OK	582,8656	2331,462	2412,855	OK
M9	106	2278,0464	758,6	4	OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	569,5116	1,9457	3,1126	0,9	3,24	0,9	3,24	570,9167	OK	570,9167	2283,667	2412,855	OK
M10	93	2027,0107	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	506,7527	0,2397	4,1313	0,9	3,24	0,9	3,24	507,9668	OK	507,9668	2031,867	2412,855	OK
M11	80	1854,9416	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	463,7354	3,7578	3,7726	0,9	3,24	0,9	3,24	465,8272	OK	465,8272	1863,309	2412,855	OK
M12	67	1914,8909	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	478,7227	3,2009	2,9041	0,9	3,24	0,9	3,24	480,4186	OK	480,4186	1921,674	2412,855	OK
M13	13	1484,2152	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	494,7384	8,9875	1,7138	1	2	1,5	9,92	496,9543	OK	496,9543	1490,863	1853,532	OK
N1	26	1185,0175	758,6	2	OK	2	758,6	2	0,897584	1361,814	592,5088	6,0204	5,8654	0,9	1,62	0	1	595,7673	OK	595,7673	1191,535	1361,814	OK
N2	25	1501,622	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	500,5407	1,6473	8,7496	1	2	1,5	9,92	505,1646	OK	505,1646	1515,944	1853,532	OK
N3	24	1568,1462	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,1154	2,6985	8,6113	1	2	1,5	9,92	527,4291	OK	527,4291	1582,287	1853,532	OK
N4	23	1709,6957	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	569,8986	0,1726	2,9957	1	2	1,5	9,92	574,5725	OK	574,5725	1723,718	1853,532	OK
N5	22	1813,4231	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	604,4744	1,2251	8,2824	1	2	1,5	9,92	608,8008	OK	608,8008	1826,402	1853,532	OK
N6	21	1863,9243	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	465,9811	0,1058	8,5289	0,9	3,24	0,9	3,24	468,3796	OK	468,3796	1873,518	2412,855	OK
N7	20	1790,4245	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	596,8082	1,76E-06	9,9949	1	2	1,5	9,92	601,8056	OK	601,8056	1805,417	2412,855	OK
N8	19	1863,9242	758,6	3	NOT OK	4	758,6	4	0,795167	2412,855	465,9811	0,1058	8,5289	0,9	3,24	0,9	3,24	468,3796	OK	468,3796	1873,518	2412,855	OK
N9	18	1813,4226	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	604,4742	1,2251	8,2824	1	2	1,5	9,92	608,8006	OK	608,8006	1826,402	1853,532	OK
N10	17	1709,6937	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	569,8979	0,1726	2,9957	1	2	1,5	9,92	574,5718	OK	574,5718	1723,716	1853,532	OK
N11	16	1568,1352	758,6	3	OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	522,1117	2,6985	8,6114	1	2	1,5	9,92	527,4255	OK	527,4255	1582,276	1853,532	OK
N12	15	1501,6325	758,6	2	NOT OK	3	758,6	3	0,814453	1853,532	500,5442	1,6471	8,7495	1	2	1,5	9,92	505,168	OK	505,168	1515,904	1853,532	OK
N13	14	1185,0032	758,6	2	OK	2	758,6	2	0,897584	1361,814	592,5016	6,02	5,8656	0,9	1,62	0	1	595,7603	OK	595,7603	1191,521	1361,814	OK

Konvensional End Bearing

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ⁴)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/feet ²)	f (tons/feet ²)	f (kg/cm ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fm	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Mcraek (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jumlah Tiang (pcs)
K9	104	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,31251	0,000739	17	4,91951E-11	OK	OK	3
K10	91	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,20533	0,000485	17	2,75397E-11	OK	OK	4
K11	78	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16127	0,000381	17	2,16302E-11	OK	OK	4
K12	65	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15606	0,000369	17	2,09314E-11	OK	OK	4
K13	11	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,36867	0,000871	17	4,94475E-11	OK	OK	3
L1	144	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45261	0,00107	17	6,07059E-11	OK	OK	3
L2	157	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18526	0,000438	17	2,48478E-11	OK	OK	4
L3	170	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22133	0,000523	17	2,96857E-11	OK	OK	4
L4	183	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22737	0,000537	17	3,04958E-11	OK	OK	4
L5	196	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16033	0,000379	17	2,15041E-11	OK	OK	4
L6	209	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16218	0,000383	17	2,17522E-11	OK	OK	4
L7	131	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18545	0,000438	17	2,48733E-11	OK	OK	4
L8	118	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16218	0,000383	17	2,17522E-11	OK	OK	4
L9	105	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16033	0,000379	17	2,15041E-11	OK	OK	4
L10	92	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22736	0,000537	17	3,04945E-11	OK	OK	4
L11	79	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,22133	0,000523	17	2,96857E-11	OK	OK	4
L12	66	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18526	0,000438	17	2,48478E-11	OK	OK	4
L13	12	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45263	0,00107	17	6,07086E-11	OK	OK	3
M1	145	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45264	0,00107	17	6,07099E-11	OK	OK	3
M2	158	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16953	0,000401	17	2,27381E-11	OK	OK	4
M3	171	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	4
M4	184	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,21605	0,000511	17	2,89775E-11	OK	OK	4
M5	197	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	4
M6	210	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15222	0,00036	17	2,04164E-11	OK	OK	4
M7	132	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,18087	0,000427	17	2,4259E-11	OK	OK	4
M8	119	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,15222	0,00036	17	2,04164E-11	OK	OK	4
M9	106	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	4
M10	93	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,21605	0,000511	17	2,89775E-11	OK	OK	4
M11	80	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	4
M12	67	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,16954	0,000401	17	2,27394E-11	OK	OK	4
M13	13	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45266	0,00107	17	6,07130E-11	OK	OK	3
N1	26	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30109	0,000712	17	4,03834E-11	OK	OK	2
N2	25	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,44093	0,001042	17	5,91389E-11	OK	OK	3
N3	24	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,823E-11	OK	OK	3
N4	23	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,46953	0,00111	17	6,29753E-11	OK	OK	3
N5	22	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,41767	0,000967	17	5,60196E-11	OK	OK	3
N6	21	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	4
N7	20	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,50619	0,001196	17	6,78923E-11	OK	OK	3
N8	19	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	4
N9	18	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,41767	0,000967	17	5,60196E-11	OK	OK	3
N10	17	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,46953	0,00111	17	6,29753E-11	OK	OK	3
N11	16	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,823E-11	OK	OK	3
N12	15	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,44092	0,001042	17	5,9138E-11	OK	OK	3
N13	14	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30107	0,000711	17	4,03807E-11	OK	OK	2

Tabel D.2 Perhitungan Grup Tiang Pancang Metode Konvensional Tipe *Friction*

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkisan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q _g Grup (kN)	ZV/n (kN)	ZMx (kN-m)	ZMy (kN-m)	Xmax (m)	Zx ² (m ²)	Ymax (m)	Zy ² (m ²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax ² (kN)	Q _g Grup (kN)	Kontrol
A1	133	1185,0002	310,64	4	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	197,5034	6,0203	5,8652	1,8	12,96	0,9	4,86	199,4328	OK	199,4328	1196,97089	1418,43525	OK
A2	146	1501,6222	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	214,5175	1,6474	8,3494	1,8	12,96	1,8	19,44	215,8852	OK	215,8852	1511,19632	1580,607	OK
A3	159	1568,146	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,0209	2,6694	8,6112	1,8	12,96	1,8	19,44	225,4667	OK	225,4667	1578,26693	1580,607	OK
A4	172	1709,6863	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	2137,108	0,1726	9,2955	2,7	32,4	0,9	6,48	214,5094	OK	214,5094	1716,075078	1848,8275	OK
A5	185	1813,4477	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	226,681	1,2252	8,2823	2,7	32,4	0,9	6,48	227,5413	OK	227,5413	1820,330667	1848,8275	OK
A6	198	1863,9349	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	207,1039	0,1059	8,529	1,8	19,44	1,8	19,44	207,9034	OK	207,9034	1871,13065	2032,209	OK
A7	120	1790,4097	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	223,8012	5,14E-06	9,9946	2,7	32,4	0,9	6,48	224,6341	OK	224,6341	1797,07272	1848,8275	OK
A8	107	1863,935	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	207,1039	0,1059	8,529	1,8	19,44	1,8	19,44	207,9034	OK	207,9034	1871,13075	2032,209	OK
A9	94	1813,4478	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	226,681	1,2252	8,2823	2,7	32,4	0,9	6,48	227,5413	OK	227,5413	1820,330667	1848,8275	OK
A10	81	1709,6848	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	2137,106	0,1726	9,2955	2,7	32,4	0,9	6,48	214,5092	OK	214,5092	1716,073578	1848,8275	OK
A11	68	1568,136	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,0194	2,6693	8,6112	1,8	12,96	1,8	19,44	225,4653	OK	225,4653	1578,25689	1580,607	OK
A12	55	1501,6331	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	214,519	1,6472	8,7493	1,8	12,96	1,8	19,44	215,8867	OK	215,8867	1511,20694	1580,607	OK
A13	1	1185,0058	310,64	4	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	197,501	6,0199	5,8653	1,8	12,96	0,9	4,86	199,4304	OK	199,4304	1196,982328	1418,43525	OK
B1	134	1484,2065	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,0295	8,9869	1,7142	1,8	12,96	1,8	19,44	213,0997	OK	213,0997	1491,697926	1580,607	OK
B2	147	1914,8923	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	212,7638	3,2009	2,9043	1,8	19,44	1,8	19,44	213,3311	OK	213,3311	1919,979967	2032,209	OK
B3	160	1854,9123	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	206,1014	3,7576	3,7277	1,8	19,44	1,8	19,44	206,7986	OK	206,7986	1861,18755	2032,209	OK
B4	173	2027,0116	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	225,224	0,2398	4,1315	1,8	19,44	1,8	19,44	225,6288	OK	225,6288	2030,65875	2032,209	OK
B5	186	2278,0493	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	207,0954	1,9456	3,1126	2,7	46,98	1,8	25,92	207,4094	OK	207,4094	2281,93258	2425,484187	OK
B6	199	2278,0811	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	211,6437	0,1439	2,9018	2,7	46,98	1,8	25,92	211,8205	OK	211,8205	2330,025495	2425,484187	OK
B7	121	2272,4658	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	227,2466	4,73E-06	3,4638	3,6	64,8	0,9	8,1	227,439	OK	227,439	2274,90139	2279,21975	OK
B8	108	2328,0812	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	211,6437	0,1439	2,9018	2,7	46,98	1,8	25,92	211,8205	OK	211,8205	2330,025595	2425,484187	OK
B9	95	2278,0495	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	207,0954	1,9455	3,1126	2,7	46,98	1,8	25,92	207,4094	OK	207,4094	2281,930381	2425,484187	OK
B10	82	2027,0178	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	225,224	0,2399	4,1315	1,8	19,44	1,8	19,44	225,629	OK	225,629	2030,66033	2032,209	OK
B11	69	1854,9237	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	206,1026	3,7577	3,7726	1,8	19,44	1,8	19,44	206,7999	OK	206,7999	1861,19895	2032,209	OK
B12	56	1914,8849	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	212,765	3,2011	2,9043	1,8	19,44	1,8	19,44	213,3303	OK	213,3303	1919,972733	2032,209	OK
B13	2	1484,2139	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,0306	8,9873	1,7141	1,8	12,96	1,8	19,44	213,1008	OK	213,1008	1491,705488	1580,607	OK
C1	135	1507,6694	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	215,3813	8,987	2,6461	1,8	12,96	1,8	19,44	216,581	OK	216,581	1516,666905	1580,607	OK
C2	148	1928,9744	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	214,3305	3,2411	3,71	1,8	19,44	1,8	19,44	214,9741	OK	214,9741	1934,76693	2032,209	OK
C3	161	1855,8752	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	206,2084	3,7125	4,4074	1,8	19,44	1,8	19,44	206,9602	OK	206,9602	1862,61617	2032,209	OK
C4	174	2024,7343	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	224,5705	0,477	4,5154	1,8	19,44	1,8	19,44	225,4327	OK	225,4327	2028,894633	2032,209	OK
C5	187	2187,6638	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	218,7664	2,1077	3,1978	3,6	64,8	0,9	8,1	219,1782	OK	219,1782	2191,782344	2279,21975	OK
C6	200	2339,4676	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,8814	0,0008	3,2278	2,7	46,98	1,8	25,92	212,8672	OK	212,8672	2341,538774	2425,484187	OK
C7	122	2278,1219	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	207,102	4,15E-06	3,6791	2,7	46,98	1,8	25,92	207,3134	OK	207,3134	2280,47771	2425,484187	OK
C8	109	2339,4975	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,8816	0,0008	3,2278	2,7	46,98	1,8	25,92	212,8672	OK	212,8672	2341,538774	2425,484187	OK
C9	96	2187,664	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	218,7664	2,1077	3,1978	3,6	64,8	0,9	8,1	219,1782	OK	219,1782	2191,782344	2279,21975	OK
C10	83	2024,7358	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	224,5706	0,4771	4,5154	1,8	19,44	1,8	19,44	225,4329	OK	225,4329	2028,896217	2032,209	OK
C11	70	1855,8875	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	206,2097	3,7124	4,4074	1,8	19,44	1,8	19,44	206,9616	OK	206,9616	1862,654	2032,209	OK
C12	57	1928,9776	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	214,3308	3,2413	3,71	1,8	19,44	1,8	19,44	214,9745	OK	214,9745	1934,77035	2032,209	OK
C13	3	1507,6642	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	215,3806	8,9874	2,646	1,8	12,96	1,8	19,44	216,5803	OK	216,5803	1516,601867	1580,607	OK
D1	136	1545,8332	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	220,8333	7,3537	1,767	1,8	12,96	1,8	19,44	221,7596	OK	221,7596	1552,317404	1580,607	OK
D2	149	1906,811	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	211,8679	2,3246	2,9861	1,8	19,44	1,8	19,44	212,3596	OK	212,3596	1911,256583	2032,209	OK
D3	162	1914,2118	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	212,6902	3,0653	3,0903	1,8	19,44	1,8	19,44	213,2602	OK	213,2602	1919,341467	2032,209	OK
D4	175	1979,3568	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	219,9285	1,0876	3,9643	1,8	19,44	1,8	19,44	220,3963	OK	220,3963	1983,566717	2032,209	OK
D5	188	1804,2498	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,5312	1,2379	6,0622	2,7	32,4	0,9	6,48	226,2083	OK	226,2083	1809,666711	1848,8275	OK
D6	201	1954,4453	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	217,1606	0,0898	5,8755	1,8	19,44	1,8	19,44	217,7129	OK	217,7129	1959,416383	2032,209	OK
D7	123	1877,9035	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	1580,607	208,6578	3,58E-06	6,4108	1,8	19,44	1,8	19,44	209,2514	OK	209,2514	1883,262836	2032,209	OK

Konvensional Friction

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ⁴)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/feet ²)	f (kg/cm ²)	f (kg/cm ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fm	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Mcrack (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jumlah Tiang (pcs)	
A1	133	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,30108	0,000711	17	4,03821E-11	OK	OK	6
A2	146	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,44092	0,001042	17	5,9138E-11	OK	OK	7
A3	159	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,823E-11	OK	OK	7
A4	172	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,46952	0,00111	17	6,29739E-11	OK	OK	8
A5	185	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,41766	0,000987	17	5,60183E-11	OK	OK	8
A6	198	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	9
A7	120	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,50617	0,001196	17	6,78896E-11	OK	OK	8
A8	107	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	9
A9	94	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,41766	0,000987	17	5,60183E-11	OK	OK	8
A10	81	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,46952	0,00111	17	6,29739E-11	OK	OK	8
A11	68	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,823E-11	OK	OK	7
A12	55	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,44092	0,001042	17	5,9138E-11	OK	OK	7
A13	1	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30106	0,000711	17	4,03794E-11	OK	OK	6
B1	134	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,45263	0,00107	17	6,07086E-11	OK	OK	7
B2	147	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16954	0,000401	17	2,27394E-11	OK	OK	9
B3	160	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	9
B4	173	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,21606	0,000511	17	2,89789E-11	OK	OK	9
B5	186	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	11
B6	199	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15223	0,00036	17	2,04177E-11	OK	OK	11
B7	121	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18087	0,000427	17	2,4259E-11	OK	OK	10
B8	108	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15223	0,00036	17	2,04177E-11	OK	OK	11
B9	95	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	11
B10	82	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,21606	0,000511	17	2,89789E-11	OK	OK	9
B11	69	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	9
B12	56	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16954	0,000401	17	2,27394E-11	OK	OK	9
B13	2	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45265	0,00107	17	6,07113E-11	OK	OK	7
C1	135	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,4526	0,00107	17	6,07046E-11	OK	OK	7
C2	148	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18525	0,000438	17	2,48465E-11	OK	OK	9
C3	161	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22132	0,000523	17	2,96843E-11	OK	OK	9
C4	174	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22734	0,000537	17	3,04918E-11	OK	OK	9
C5	187	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16032	0,000379	17	2,15028E-11	OK	OK	10
C6	200	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16216	0,000383	17	2,17496E-11	OK	OK	11
C7	122	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18544	0,000438	17	2,4872E-11	OK	OK	11
C8	109	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16216	0,000383	17	2,17496E-11	OK	OK	11
C9	96	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16032	0,000379	17	2,15028E-11	OK	OK	10
C10	83	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22734	0,000537	17	3,04918E-11	OK	OK	9
C11	70	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22131	0,000523	17	2,9683E-11	OK	OK	9
C12	57	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18525	0,000438	17	2,48465E-11	OK	OK	9
C13	3	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45262	0,00107	17	6,07072E-11	OK	OK	7
D1	136	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,36865	0,000871	17	4,94448E-11	OK	OK	7
D2	149	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15616	0,000369	17	2,09448E-11	OK	OK	9
D3	162	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16128	0,000381	17	2,16315E-11	OK	OK	9
D4	175	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20538	0,000485	17	2,75464E-11	OK	OK	9
D5	188	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,31207	0,000737	17	4,18561E-11	OK	OK	8
D6	201	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,30187	0,000713	17	4,0488E-11	OK	OK	9
D7	123	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825		3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,32941	0,000778	17	4,41818E-11	OK	OK	9

Konvensional Friction

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q1 Grup (kN)	ZV/n (kN)	ZMx (kN-m)	ZMy (kN-m)	Xmax (m)	Σxc ² (m ²)	Ymax (m)	Σy ² (m ²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax	Pmax* ⁿ (kN)	Q1 Grup (kN)	Kontrol
D8	110	1954,4452	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	217,1606	0,0898	5,8755	1,8	19,44	1,8	19,44	217,7129	OK	217,7129	1959,416283	2032,209	OK
D9	97	1804,2497	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,5312	1,2379	6,0622	2,7	32,4	0,9	6,48	226,2083	OK	226,2083	1809,666611	1848,8275	OK
D10	84	1979,3559	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	219,9284	1,0876	3,9643	1,8	19,44	1,8	19,44	220,3962	OK	220,3962	1983,565817	2032,209	OK
D11	71	1914,1991	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	212,6888	3,0652	3,0903	1,8	19,44	1,8	19,44	213,2587	OK	213,2587	1919,328683	2032,209	OK
D12	58	1906,805	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	211,8672	2,3244	2,9862	1,8	19,44	1,8	19,44	212,3589	OK	212,3589	1911,2305	2032,209	OK
D13	4	1545,8426	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	220,8347	7,3534	1,767	1,8	12,96	1,8	19,44	221,7609	OK	221,7609	1552,326609	1580,607	OK
E1	137	1568,0511	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,0073	7,4438	2,7037	1,8	12,96	1,8	19,44	225,0721	OK	225,0721	1575,504382	1580,607	OK
E2	150	1931,6152	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	214,6239	2,3747	4,0023	1,8	19,44	1,8	19,44	215,2144	OK	215,2144	1936,929367	2032,209	OK
E3	163	1924,3654	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	213,8184	3,0058	4,0554	1,8	19,44	1,8	19,44	214,4722	OK	214,4722	1930,249733	2032,209	OK
E4	176	1857,0156	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,3351	1,805	3,6544	1,8	19,44	1,8	19,44	206,8406	OK	206,8406	1861,5651	2032,209	OK
E5	189	1363,4006	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	227,2334	0,517	2,9774	1,8	12,96	0,9	4,86	227,7427	OK	227,7427	1366,456211	1418,43525	OK
E6	202	1403,2457	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	233,5743	0,1311	2,4651	1,8	12,96	0,9	4,86	234,2409	OK	234,2409	1405,445617	1418,43525	OK
E7	124	1424,5971	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	205,5139	7,37E-06	2,9417	1,8	12,96	1,8	19,44	203,9224	OK	203,9224	1427,457091	1580,607	OK
E8	111	1403,2463	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	233,8744	0,1311	2,4651	1,8	12,96	0,9	4,86	234,241	OK	234,241	1405,446217	1418,43525	OK
E9	98	1363,4003	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	227,2334	0,517	2,9774	1,8	12,96	0,9	4,86	227,7427	OK	227,7427	1366,455911	1418,43525	OK
E10	85	1857,015	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,335	1,8049	3,6544	1,8	19,44	1,8	19,44	206,8405	OK	206,8405	1861,564417	2032,209	OK
E11	72	1924,3623	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	213,8169	3,0057	4,0554	1,8	19,44	1,8	19,44	214,4707	OK	214,4707	1930,23655	2032,209	OK
E12	59	1931,6062	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	214,6229	2,3745	4,0023	1,8	19,44	1,8	19,44	215,2134	OK	215,2134	1936,92902	2032,209	OK
E13	5	1568,0626	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,0089	7,4433	2,7037	1,8	12,96	1,8	19,44	225,0737	OK	225,0737	1575,515688	1580,607	OK
F1	138	1806,6413	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,8302	8,6052	0,226	2,7	32,4	0,9	6,48	227,0442	OK	227,0442	1816,3533	1848,8275	OK
F2	151	2261,3092	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	226,1309	2,6534	0,265	3,6	64,8	0,9	8,1	226,4405	OK	226,4405	2264,40644	2279,21975	OK
F3	164	2308,9555	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,905	3,4081	0,2804	2,7	46,98	1,8	25,92	210,1578	OK	210,1578	2311,736174	2425,484187	OK
F4	177	2140,9181	310,64	7	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	214,0918	2,3543	0,1654	3,6	64,8	0,9	8,1	214,3626	OK	214,3626	2143,625878	2279,21975	OK
F5	190	1458,7743	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,3963	0,362	0,0661	1,8	12,96	1,8	19,44	208,439	OK	208,439	1459,073194	1580,607	OK
F6	203	1462,3983	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,914	0,0887	0,1343	1,8	12,96	1,8	19,44	208,9409	OK	208,9409	1462,58636	1580,607	OK
F7	125	1487,7772	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,5396	0,0001	0,1977	1,8	12,96	1,8	19,44	212,5671	OK	212,5671	1487,969473	1580,607	OK
F8	112	1462,4093	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,9156	0,0888	0,1343	1,8	12,96	1,8	19,44	208,9425	OK	208,9425	1462,597425	1580,607	OK
F9	99	1458,769	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,9956	0,362	0,0661	1,8	12,96	1,8	19,44	208,4383	OK	208,4383	1459,067894	1580,607	OK
F10	86	2140,9274	310,64	7	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	214,0927	2,3543	0,1654	3,6	64,8	0,9	8,1	214,3635	OK	214,3635	2143,635178	2279,21975	OK
F11	73	2308,9639	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,9058	3,4081	0,2804	2,7	46,98	1,8	25,92	210,1586	OK	210,1586	2311,744574	2425,484187	OK
F12	60	2261,312	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	226,1312	2,6535	0,2651	3,6	64,8	0,9	8,1	226,4408	OK	226,4408	2264,407611	2279,21975	OK
F13	6	1806,6349	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,8294	8,6054	0,226	2,7	32,4	0,9	6,48	227,0434	OK	227,0434	1816,347122	1848,8275	OK
G1	139	1845,0459	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	205,0051	8,6131	0,0989	1,8	19,44	1,8	19,44	205,8118	OK	205,8118	1852,369	2032,209	OK
G2	152	2287,035	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,7394	2,6994	0,062	2,7	46,98	1,8	25,92	209,924	OK	209,924	2289,16418	2425,484187	OK
G3	165	2332,4329	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,039	3,9975	0,0809	2,7	46,98	1,8	25,92	212,2796	OK	212,2796	2335,075456	2425,484187	OK
G4	178	2192,0696	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	219,207	2,3871	0,1143	3,6	64,8	0,9	8,1	219,4785	OK	219,4785	2194,785433	2279,21975	OK
G5	191	1489,5785	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,7969	0,2886	0,1109	1,8	12,96	1,8	19,44	212,8391	OK	212,8391	1489,873375	1580,607	OK
G6	204	1488,3857	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,6265	0,0557	0,1027	1,8	12,96	1,8	19,44	212,6459	OK	212,6459	1488,521649	1580,607	OK
G7	126	1495,1933	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	213,599	0,0001	0,0007	1,8	12,96	1,8	19,44	213,6103	OK	213,6103	1495,271823	1580,607	OK
G8	113	1488,3742	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,6249	0,0557	0,1028	1,8	12,96	1,8	19,44	212,6443	OK	212,6443	1488,510052	1580,607	OK
G9	100	1489,585	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,7979	0,2886	0,1109	1,8	12,96	1,8	19,44	212,84	OK	212,84	1489,879875	1580,607	OK
G10	87	2192,0648	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	219,2065	2,3871	0,1143	3,6	64,8	0,9	8,1	219,4781	OK	219,4781	2194,780633	2279,21975	OK
G11	74	2332,4329	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,0394	3,9976	0,0809	2,7	46,98	1,8	25,92	212,2799	OK	212,2799	2335,079433	2425,484187	OK
G12	61	2307,0345	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,7304	2,6994	0,062	2,7	46,98	1,8	25,92	209,924	OK	209,924	2290,16368	2425,484187	OK
G13	7	1845,0429	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	205,0048	8,6132	0,0989	1,8	19,44	1,8	19,44	205,8114	OK	205,8114	1852,302983	2032,209	OK
H1	140	1845,0732	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	205,0081	8,6135	0,0985	1,8	19,44	1,8	19,44	205,8148	OK	205,8148	1852,332	2032,209	OK

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ³)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/feet ²)	f (tons/feet ²)	f (kg/cm ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fm	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Mcrack (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jumlah Tiang (pcs)
D8	110	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,30187	0,000713	17	4,0488E-11	OK	OK	9
D9	97	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,31207	0,000737	17	4,18561E-11	OK	OK	8
D10	84	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20538	0,000485	17	2,75464E-11	OK	OK	9
D11	71	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16128	0,000381	17	2,16315E-11	OK	OK	9
D12	58	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15616	0,000369	17	2,09448E-11	OK	OK	9
D13	4	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731195	0	0,87	0,95	0,36863	0,000871	17	4,94422E-11	OK	OK	7
E1	137	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,37326	0,000882	17	5,00632E-11	OK	OK	7
E2	150	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20149	0,000476	17	2,70247E-11	OK	OK	9
E3	163	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20446	0,000483	17	2,7423E-11	OK	OK	9
E4	176	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18446	0,000436	17	2,47405E-11	OK	OK	9
E5	189	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15063	0,000356	17	2,02031E-11	OK	OK	6
E6	202	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12486	0,000295	17	1,67467E-11	OK	OK	6
E7	124	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14926	0,000353	17	2,00194E-11	OK	OK	7
E8	111	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12486	0,000295	17	1,67467E-11	OK	OK	6
E9	98	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15063	0,000356	17	2,02031E-11	OK	OK	6
E10	85	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18446	0,000436	17	2,47405E-11	OK	OK	9
E11	72	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20446	0,000483	17	2,7423E-11	OK	OK	9
E12	59	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20149	0,000476	17	2,70247E-11	OK	OK	9
E13	5	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731195	0	0,87	0,95	0,37324	0,000882	17	5,00605E-11	OK	OK	7
F1	138	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,4326	0,001022	17	5,80221E-11	OK	OK	8
F2	151	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14146	0,000334	17	1,89732E-11	OK	OK	10
F3	164	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16943	0,0004	17	2,27246E-11	OK	OK	11
F4	177	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12364	0,000292	17	1,65831E-11	OK	OK	10
F5	190	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01628	3,85E-05	17	2,18354E-12	OK	OK	7
F6	203	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,00777	1,84E-05	17	1,04214E-12	OK	OK	7
F7	125	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01096	2,59E-05	17	1,47E-12	OK	OK	7
F8	112	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,00778	1,84E-05	17	1,04349E-12	OK	OK	7
F9	99	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01628	3,85E-05	17	2,18354E-12	OK	OK	7
F10	86	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12364	0,000292	17	1,65831E-11	OK	OK	10
F11	73	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16943	0,0004	17	2,27246E-11	OK	OK	11
F12	60	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14146	0,000334	17	1,89732E-11	OK	OK	10
F13	6	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731195	0	0,87	0,95	0,43261	0,001022	17	5,80234E-11	OK	OK	8
G1	139	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,43307	0,001023	17	5,80851E-11	OK	OK	9
G2	152	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14373	0,00034	17	1,92777E-11	OK	OK	11
G3	165	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16898	0,000399	17	2,26643E-11	OK	OK	11
G4	178	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12523	0,000296	17	1,67964E-11	OK	OK	10
G5	191	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01261	2,98E-05	17	1,6913E-12	OK	OK	7
G6	204	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,00494	1,17E-05	17	6,62573E-13	OK	OK	7
G7	126	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,00385	9,1E-06	17	5,16378E-13	OK	OK	7
G8	113	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,00494	1,17E-05	17	6,62573E-13	OK	OK	7
G9	100	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01261	2,98E-05	17	1,6913E-12	OK	OK	7
G10	87	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12523	0,000296	17	1,67964E-11	OK	OK	10
G11	74	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16898	0,000399	17	2,26643E-11	OK	OK	11
G12	61	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14373	0,00034	17	1,92777E-11	OK	OK	11
G13	7	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731195	0	0,87	0,95	0,43307	0,001023	17	5,80851E-11	OK	OK	9
H1	140	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,43309	0,001023	17	5,80878E-11	OK	OK	9

Konvensional *Friction*

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q1 Grup (kN)	ZV/n (kN)	ZMx (kN-m)	ZMy (kN-m)	Xmax (m)	Σxc ² (m ²)	Ymax (m)	Σy ² (m ²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax+n (kN)	Q1 Grup (kN)	Kontrol
H2	153	2307,0982	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,7362	2,6995	0,1052	2,7	46,98	1,8	25,92	209,9297	OK	209,9297	2309,226824	2425,484187	OK
H3	166	2332,4446	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,0044	3,3979	0,0802	2,7	46,98	1,8	25,92	212,281	OK	212,281	2335,060919	2425,484187	OK
H4	179	2192,0903	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,737717	2279,22	219,209	2,3877	0,1139	3,6	64,8	0,9	8,1	219,4807	OK	219,4807	2194,806578	2279,21975	OK
H5	192	1489,5116	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,7874	0,2882	0,1152	1,8	12,96	1,8	19,44	212,8301	OK	212,8301	1489,810396	1580,607	OK
H6	205	1488,3437	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,6205	0,0563	0,1035	1,8	12,96	1,8	19,44	212,6401	OK	212,6401	1488,480816	1580,607	OK
H7	127	1495,1401	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	213,5914	0,0001	0,0819	1,8	12,96	1,8	19,44	213,6028	OK	213,6028	1495,21979	1580,607	OK
H8	114	1488,3336	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,6191	0,0562	0,1034	1,8	12,96	1,8	19,44	212,6387	OK	212,6387	1488,470554	1580,607	OK
H9	101	1489,5239	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,7891	0,2882	0,1151	1,8	12,96	1,8	19,44	212,8318	OK	212,8318	1489,822599	1580,607	OK
H10	88	2192,0983	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,737717	2279,22	219,2098	2,3877	0,1138	3,6	64,8	0,9	8,1	219,4815	OK	219,4815	2194,814522	2279,21975	OK
H11	75	2332,4395	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,04	3,398	0,0804	2,7	46,98	1,8	25,92	212,2805	OK	212,2805	2335,086022	2425,484187	OK
H12	62	2307,0879	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,7353	2,6996	0,1052	2,7	46,98	1,8	25,92	209,9288	OK	209,9288	2309,2166	2425,484187	OK
H13	8	1845,0681	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,743959	2032,209	205,0676	8,6136	0,0966	1,8	19,44	1,8	19,44	205,8143	OK	205,8143	1852,328267	2032,209	OK
I1	141	1806,7474	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,8434	8,6074	0,2259	2,7	32,4	0,9	6,48	227,0577	OK	227,0577	1816,461778	1848,8275	OK
I2	154	2261,9838	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,737717	2279,22	226,1986	2,656	0,2469	3,6	64,8	0,9	8,1	226,5083	OK	226,5083	2265,085189	2279,21975	OK
I3	167	2309,1563	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,9233	3,4126	0,2813	2,7	46,98	1,8	25,92	210,1765	OK	210,1765	2311,940981	2425,484187	OK
I4	180	2141,5412	310,64	7	NOT OK	10	310,64	10	0,737717	2279,22	214,1541	2,3645	0,1637	3,6	64,8	0,9	8,1	214,4259	OK	214,4259	2144,259367	2279,21975	OK
I5	193	1456,9938	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,142	0,3546	0,0739	1,8	12,96	1,8	19,44	208,1851	OK	208,1851	1457,295481	1580,607	OK
I6	206	1462,7465	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,9638	0,0938	0,1382	1,8	12,96	1,8	19,44	208,9917	OK	208,9917	1462,941657	1580,607	OK
I7	128	1487,5491	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,507	0,0001	0,2015	1,8	12,96	1,8	19,44	212,535	OK	212,535	1487,745088	1580,607	OK
I8	115	1462,7702	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,9672	0,0938	0,1382	1,8	12,96	1,8	19,44	208,9951	OK	208,9951	1462,965357	1580,607	OK
I9	102	1457,0328	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	208,1475	0,3546	0,0737	1,8	12,96	1,8	19,44	208,1906	OK	208,1906	1457,334286	1580,607	OK
I10	89	2141,6223	310,64	7	NOT OK	10	310,64	10	0,737717	2279,22	214,1622	2,3644	0,1639	3,6	64,8	0,9	8,1	214,434	OK	214,434	2144,340467	2279,21975	OK
I11	76	2309,0717	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	209,9156	3,4124	0,2809	2,7	46,98	1,8	25,92	210,1687	OK	210,1687	2311,855975	2425,484187	OK
I12	63	2261,9423	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,737717	2279,22	226,1942	2,6561	0,2668	3,6	64,8	0,9	8,1	226,5042	OK	226,5042	2265,041744	2279,21975	OK
I13	9	1806,7358	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,842	8,6075	0,2259	2,7	32,4	0,9	6,48	227,0563	OK	227,0563	1816,450989	1848,8275	OK
J1	142	1568,1328	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,019	7,4459	2,704	1,8	12,96	1,8	19,44	225,084	OK	225,084	1575,587735	1580,607	OK
J2	155	1932,2064	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	214,6896	2,3778	0,4016	1,8	19,44	1,8	19,44	215,2803	OK	215,2803	1937,522567	2032,209	OK
J3	168	1924,315	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	213,8128	3,0099	4,0562	1,8	19,44	1,8	19,44	214,467	OK	214,467	1930,203417	2032,209	OK
J4	181	1857,661	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,4068	1,8154	0,2658	1,8	19,44	1,8	19,44	206,9136	OK	206,9136	1862,222167	2032,209	OK
J5	194	1361,6462	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	226,9441	0,5088	2,9817	1,8	12,96	0,9	4,86	227,4494	OK	227,4494	1364,692633	1418,43525	OK
J6	207	1403,5821	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	233,9304	0,1361	2,6492	1,8	12,96	0,9	4,86	234,2985	OK	234,2985	1405,790989	1418,43525	OK
J7	129	1424,3286	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	203,4755	2,26-05	2,9452	1,8	12,96	1,8	19,44	203,8846	OK	203,8846	1427,192003	1580,607	OK
J8	116	1403,5711	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	233,9285	0,1361	2,6492	1,8	12,96	0,9	4,86	234,2967	OK	234,2967	1405,779989	1418,43525	OK
J9	103	1361,606	310,64	5	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	226,9342	0,5087	2,8818	1,8	12,96	0,9	4,86	227,4427	OK	227,4427	1364,650056	1418,43525	OK
J10	90	1857,8838	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,3984	1,8154	2,658	1,8	19,44	1,8	19,44	206,9052	OK	206,9052	1862,146967	2032,209	OK
J11	77	1924,4012	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	213,822	3,01	4,056	1,8	19,44	1,8	19,44	214,4766	OK	214,4766	1930,289533	2032,209	OK
J12	64	1932,2317	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	214,6924	2,3775	4,0016	1,8	19,44	1,8	19,44	215,2831	OK	215,2831	1937,547617	2032,209	OK
J13	10	1568,148	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,0211	7,4457	2,704	1,8	12,96	1,8	19,44	225,0861	OK	225,0861	1575,62086	1580,607	OK
K1	143	1545,8876	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	220,8411	7,3546	1,7666	1,8	12,96	1,8	19,44	221,7674	OK	221,7674	1552,37198	1580,607	OK
K2	156	1906,9628	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	211,8848	2,3249	2,9842	1,8	19,44	1,8	19,44	212,3763	OK	212,3763	1911,38705	2032,209	OK
K3	169	1914,9176	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	212,6886	3,0639	3,0904	1,8	19,44	1,8	19,44	213,2587	OK	213,2587	1919,32785	2032,209	OK
K4	182	1979,398	310,64	8	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	219,9331	1,0882	3,963	1,8	19,44	1,8	19,44	220,4008	OK	220,4008	1983,607333	2032,209	OK
K5	195	1804,1444	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,8181	1,2374	6,0707	2,7	32,4	0,9	6,48	226,1958	OK	226,1958	1809,566422	1848,8275	OK
K6	208	1954,5106	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	217,1678	0,9098	5,8763	1,8	19,44	1,8	19,44	217,7204	OK	217,7204	1959,483183	2032,209	OK
K7	130	1877,8832	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	208,6537	8,19E-06	6,4127	1,8	19,44	1,8	19,44	209,2475	OK	209,2475	1883,227123	2032,209	OK
K8	117	1954,5077	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	217,1675	0,9098	5,8764	1,8	19,44	1,8	19,44	217,72	OK	217,72	1959,480367	2032,209	OK

Konvensional Friction

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ⁴)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/feet ²)	f (kg/cm ²)	f (kg/cm ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fu	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Merack (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jumlah Tiang (pcs)
H2	153	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14373	0,00034	17	1,92777E-11	OK	OK	11
H3	166	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,169	0,000399	17	2,2667E-11	OK	OK	11
H4	179	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12526	0,000296	17	1,68004E-11	OK	OK	10
H5	192	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01259	2,98E-05	17	1,68862E-12	OK	OK	7
H6	205	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,000498	1,18E-05	17	6,67938E-13	OK	OK	7
H7	127	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,0039	9,22E-06	17	5,23084E-13	OK	OK	7
H8	114	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,000498	1,18E-05	17	6,67938E-13	OK	OK	7
H9	101	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01259	2,98E-05	17	1,68862E-12	OK	OK	7
H10	88	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12527	0,000296	17	1,68017E-11	OK	OK	10
H11	75	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,169	0,000399	17	2,2667E-11	OK	OK	11
H12	62	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14374	0,00034	17	1,9279E-11	OK	OK	11
H13	8	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43309	0,001023	17	5,80878E-11	OK	OK	9
I1	141	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,4327	0,001023	17	5,80355E-11	OK	OK	8
I2	154	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,1416	0,000335	17	1,8992E-11	OK	OK	10
I3	167	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16965	0,000401	17	2,27542E-11	OK	OK	11
I4	180	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12417	0,000293	17	1,66542E-11	OK	OK	10
I5	193	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01589	3,76E-05	17	1,21123E-12	OK	OK	7
I6	206	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,00798	1,89E-05	17	1,07031E-12	OK	OK	7
I7	128	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01116	2,64E-05	17	1,49682E-12	OK	OK	7
I8	115	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,00798	1,89E-05	17	1,07031E-12	OK	OK	7
I9	102	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,01589	3,76E-05	17	1,21123E-12	OK	OK	7
I10	89	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12417	0,000293	17	1,66542E-11	OK	OK	10
I11	76	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16964	0,000401	17	2,27528E-11	OK	OK	11
I12	63	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14161	0,000335	17	1,89933E-11	OK	OK	10
I13	9	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,43271	0,001023	17	5,80368E-11	OK	OK	8
J1	142	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,37336	0,000882	17	5,00766E-11	OK	OK	7
J2	155	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20145	0,000476	17	2,70193E-11	OK	OK	9
J3	168	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,2045	0,000483	17	2,74284E-11	OK	OK	9
J4	181	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18464	0,000436	17	2,47647E-11	OK	OK	9
J5	194	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15085	0,000356	17	2,02326E-11	OK	OK	6
J6	207	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12506	0,000296	17	1,67736E-11	OK	OK	6
J7	129	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,14944	0,000353	17	2,00435E-11	OK	OK	7
J8	116	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,12507	0,000296	17	1,67749E-11	OK	OK	6
J9	103	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15086	0,000357	17	2,0234E-11	OK	OK	6
J10	90	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18464	0,000436	17	2,47647E-11	OK	OK	9
J11	77	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20449	0,000483	17	2,7427E-11	OK	OK	9
J12	64	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20145	0,000476	17	2,70193E-11	OK	OK	9
J13	10	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,37335	0,000882	17	5,00752E-11	OK	OK	7
K1	143	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,36869	0,000871	17	4,94502E-11	OK	OK	7
K2	156	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15607	0,000369	17	2,09327E-11	OK	OK	9
K3	169	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16129	0,000381	17	2,16329E-11	OK	OK	9
K4	182	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20531	0,000485	17	2,7537E-11	OK	OK	9
K5	195	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,3125	0,000738	17	4,19138E-11	OK	OK	8
K6	208	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,30192	0,000713	17	4,04947E-11	OK	OK	9
K7	130	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,32951	0,000779	17	4,41952E-11	OK	OK	9
K8	117	278055,7	60	510808,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,30192	0,000713	17	4,04947E-11	OK	OK	9

Konvensional Friction

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q1 Grup (kN)	ZV/n (kN)	ZMx (kN-m)	ZMy (kN-m)	Xmax (m)	Σxc ² (m ²)	Ymax (m)	Σy ² (m ²)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax+n (kN)	Q1 Grup (kN)	Kontrol
K9	104	1804.1335	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	225,5167	1,2374	6,0708	2,7	32,4	0,9	6,48	226,1944	OK	226,1944	1809,55589	1848,8275	OK
K10	91	1979,3709	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	219,9301	1,0883	3,9632	1,8	19,44	1,8	19,44	220,3978	OK	220,3978	1983,580483	2032,209	OK
K11	78	1914,2092	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	212,8699	3,0658	3,09	1,8	19,44	1,8	19,44	213,2599	OK	213,2599	1919,339033	2032,209	OK
K12	65	1906,9748	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	211,8861	2,3246	2,9841	1,8	19,44	1,8	19,44	212,3776	OK	212,3776	1911,398717	2032,209	OK
K13	11	1545,9003	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	220,8429	7,3543	1,7666	1,8	12,96	1,8	19,44	221,7692	OK	221,7692	1552,384504	1580,607	OK
L1	144	1507,6774	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	215,3825	8,9873	2,6464	1,8	12,96	1,8	19,44	216,5822	OK	216,5822	1516,075391	1580,607	OK
L2	157	1928,9788	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	214,331	3,241	3,7102	1,8	19,44	1,8	19,44	214,9746	OK	214,9746	1934,771467	2032,209	OK
L3	170	1855,8559	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,2062	3,7127	4,4077	1,8	19,44	1,8	19,44	206,9581	OK	206,9581	1862,6229	2032,209	OK
L4	183	2024,8267	310,64	8	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	224,9807	0,477	4,5159	1,8	19,44	1,8	19,44	225,4431	OK	225,4431	2028,98745	2032,209	OK
L5	196	2187,6451	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	218,7645	2,1075	3,1981	3,6	64,8	0,9	8,1	219,1763	OK	219,1763	2191,763489	2279,21975	OK
L6	209	2339,4689	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,679	0,001	3,2282	2,7	46,98	1,8	25,92	212,8646	OK	212,8646	2341,51048	2425,484187	OK
L7	131	2278,1365	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	207,1033	2,28E-06	3,6793	2,7	46,98	1,8	25,92	207,3148	OK	207,3148	2280,463496	2425,484187	OK
L8	118	2339,4685	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	212,679	0,001	3,2282	2,7	46,98	1,8	25,92	212,8646	OK	212,8646	2341,51048	2425,484187	OK
L9	105	2187,6441	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	218,7644	2,1075	3,1981	3,6	64,8	0,9	8,1	219,1762	OK	219,1762	2191,762489	2279,21975	OK
L10	92	2024,8263	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	224,9807	0,4771	4,5159	1,8	19,44	1,8	19,44	225,443	OK	225,443	2028,98713	2032,209	OK
L11	79	1855,8695	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,2077	3,7128	4,4076	1,8	19,44	1,8	19,44	206,9596	OK	206,9596	1862,6365	2032,209	OK
L12	66	1928,9844	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	214,3316	3,2412	3,7103	1,8	19,44	1,8	19,44	214,9753	OK	214,9753	1934,773717	2032,209	OK
L13	12	1507,674	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	215,382	8,9877	2,6463	1,8	12,96	1,8	19,44	216,5817	OK	216,5817	1516,072153	1580,607	OK
M1	145	1484,2071	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,0296	8,9871	1,7139	1,8	12,96	1,8	19,44	213,0998	OK	213,0998	1491,698364	1580,607	OK
M2	158	1914,8981	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	212,7665	3,2007	2,9041	1,8	19,44	1,8	19,44	213,3317	OK	213,3317	1919,985433	2032,209	OK
M3	171	1854,9035	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,1034	3,7577	3,7726	1,8	19,44	1,8	19,44	206,8006	OK	206,8006	1861,20575	2032,209	OK
M4	184	2027,0093	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	225,2233	0,2397	4,1313	1,8	19,44	1,8	19,44	225,628	OK	225,628	2030,6518	2032,209	OK
M5	197	2278,0468	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	207,0952	1,9457	3,1126	2,7	46,98	1,8	25,92	207,4092	OK	207,4092	2281,500834	2425,484187	OK
M6	210	2328,0784	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	211,6435	0,1439	2,9018	2,7	46,98	1,8	25,92	211,8203	OK	211,8203	2330,022795	2425,484187	OK
M7	132	2272,4454	310,64	8	NOT OK	10	310,64	10	0,733717	2279,22	227,2445	2,22E-06	3,4638	3,6	64,8	0,9	8,1	227,437	OK	227,437	2274,369736	2279,21975	OK
M8	119	2328,0782	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	211,6435	0,1439	2,9018	2,7	46,98	1,8	25,92	211,8202	OK	211,8202	2330,022595	2425,484187	OK
M9	106	2278,0464	310,64	8	NOT OK	11	310,64	11	0,70982	2425,484	207,0951	1,9457	3,1126	2,7	46,98	1,8	25,92	207,4091	OK	207,4091	2281,500434	2425,484187	OK
M10	93	2027,0107	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	225,2234	0,2397	4,1313	1,8	19,44	1,8	19,44	225,6281	OK	225,6281	2030,6532	2032,209	OK
M11	80	1854,9416	310,64	6	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	206,1046	3,7578	3,7726	1,8	19,44	1,8	19,44	206,8019	OK	206,8019	1861,216933	2032,209	OK
M12	67	1914,8909	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	212,7657	3,2009	2,9041	1,8	19,44	1,8	19,44	213,3309	OK	213,3309	1919,9784	2032,209	OK
M13	13	1484,2152	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	212,0307	8,9875	1,7138	1,8	12,96	1,8	19,44	213,1009	OK	213,1009	1491,706626	1580,607	OK
N1	26	1185,0175	310,64	4	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	197,5029	6,0204	5,8654	1,8	12,96	0,9	4,86	199,4324	OK	199,4324	1196,594667	1418,43525	OK
N2	25	1501,622	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	214,5174	1,6473	8,7496	1,8	12,96	1,8	19,44	215,5852	OK	215,5852	1511,19625	1580,607	OK
N3	24	1568,1462	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,0205	2,4985	8,6113	1,8	12,96	1,8	19,44	225,4668	OK	225,4668	1578,267325	1580,607	OK
N4	23	1709,6957	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	213,712	0,1726	9,2957	2,7	32,4	0,9	6,48	214,5106	OK	214,5106	1716,084611	1848,8275	OK
N5	22	1813,4231	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	226,6779	1,2251	8,2824	2,7	32,4	0,9	6,48	227,5382	OK	227,5382	1820,305922	1848,8275	OK
N6	21	1863,9243	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	207,1027	0,1058	8,5289	1,8	19,44	1,8	19,44	207,9022	OK	207,9022	1871,119883	2032,209	OK
N7	20	1790,4245	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	223,8031	1,76E-06	9,9949	2,7	32,4	0,9	6,48	224,636	OK	224,636	1797,087769	1848,8275	OK
N8	19	1863,9242	310,64	7	NOT OK	9	310,64	9	0,72689	2032,209	207,1027	0,1058	8,5289	1,8	19,44	1,8	19,44	207,9022	OK	207,9022	1871,119783	2032,209	OK
N9	18	1813,4226	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	226,6778	1,2251	8,2824	2,7	32,4	0,9	6,48	227,5382	OK	227,5382	1820,305422	1848,8275	OK
N10	17	1709,6937	310,64	6	NOT OK	8	310,64	8	0,743959	1848,827	213,7117	0,1726	9,2957	2,7	32,4	0,9	6,48	214,5103	OK	214,5103	1716,082611	1848,8275	OK
N11	16	1568,1352	310,64	6	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	224,0193	2,6985	8,6114	1,8	12,96	1,8	19,44	225,4652	OK	225,4652	1578,256422	1580,607	OK
N12	15	1501,6325	310,64	5	NOT OK	7	310,64	7	0,72689	1580,607	214,5189	1,6471	8,7495	1,8	12,96	1,8	19,44	215,8866	OK	215,8866	1511,206523	1580,607	OK
N13	14	1185,0032	310,64	4	NOT OK	6	310,64	6	0,761028	1418,435	197,5005	6,02	5,8656	1,8	12,96	0,9	4,86	199,43	OK	199,43	1196,580089	1418,43525	OK

Konvensional Friction

Titik Perletakan	Joint Label	E (kg/cm ²)	D (cm)	I (cm ⁴)	Cu (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)	qu (tons/ft ²)	f (kg/cm ²)	f (tons/ft ²)	T (m)	L (m)	L/T	z (m)	Fu	Fd	Ph (ton)	Mmax (ton-m)	Mcrack (ton-m)	δp (cm)	Kontrol Momen	Kontrol Defleksi	Jundab Tiang (pcs)
K9	104	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,31251	0,000739	17	4,19151E-11	OK	OK	8
K10	91	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,20533	0,000485	17	2,75397E-11	OK	OK	9
K11	78	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16127	0,000381	17	2,16302E-11	OK	OK	9
K12	65	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15606	0,000369	17	2,09314E-11	OK	OK	9
K13	11	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,36867	0,000871	17	4,94475E-11	OK	OK	7
L1	144	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,45261	0,00107	17	6,07059E-11	OK	OK	7
L2	157	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18526	0,000438	17	2,48478E-11	OK	OK	9
L3	170	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22133	0,000523	17	2,96857E-11	OK	OK	9
L4	183	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22737	0,000537	17	3,04958E-11	OK	OK	9
L5	196	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16033	0,000379	17	2,15041E-11	OK	OK	10
L6	209	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16218	0,000383	17	2,17522E-11	OK	OK	11
L7	131	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18545	0,000438	17	2,48733E-11	OK	OK	11
L8	118	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16218	0,000383	17	2,17522E-11	OK	OK	11
L9	105	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16033	0,000379	17	2,15041E-11	OK	OK	10
L10	92	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22736	0,000537	17	3,04945E-11	OK	OK	9
L11	79	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,22133	0,000523	17	2,96857E-11	OK	OK	9
L12	66	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18526	0,000438	17	2,48478E-11	OK	OK	9
L13	12	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45263	0,00107	17	6,07086E-11	OK	OK	7
M1	145	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,45264	0,00107	17	6,07099E-11	OK	OK	7
M2	158	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16953	0,000401	17	2,27381E-11	OK	OK	9
M3	171	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	9
M4	184	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,21605	0,000511	17	2,89775E-11	OK	OK	9
M5	197	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	11
M6	210	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15222	0,00036	17	2,04164E-11	OK	OK	11
M7	132	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,18087	0,000427	17	2,42599E-11	OK	OK	10
M8	119	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,15222	0,00036	17	2,04164E-11	OK	OK	11
M9	106	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16336	0,000386	17	2,19105E-11	OK	OK	11
M10	93	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,21605	0,000511	17	2,89775E-11	OK	OK	9
M11	80	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,19815	0,000468	17	2,65767E-11	OK	OK	9
M12	67	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,16954	0,000401	17	2,27394E-11	OK	OK	9
M13	13	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,45266	0,00107	17	6,07126E-11	OK	OK	7
N1	26	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,30109	0,000712	17	4,03834E-11	OK	OK	6
N2	25	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,44093	0,001042	17	5,91393E-11	OK	OK	7
N3	24	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,8231E-11	OK	OK	7
N4	23	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,46953	0,00111	17	6,29753E-11	OK	OK	8
N5	22	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,41767	0,000987	17	5,60196E-11	OK	OK	8
N6	21	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	9
N7	20	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,50619	0,001196	17	6,78923E-11	OK	OK	8
N8	19	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,4306	0,001018	17	5,77538E-11	OK	OK	9
N9	18	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,41767	0,000987	17	5,60196E-11	OK	OK	8
N10	17	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,46953	0,00111	17	6,29753E-11	OK	OK	8
N11	16	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,43415	0,001026	17	5,8231E-11	OK	OK	7
N12	15	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	16	5,890433	0	0,87	0,95	0,44092	0,001042	17	5,9138E-11	OK	OK	7
N13	14	278055,7	60	510508,8	0,06	0,12	0,122825	3	0,096	2,716269	21	7,731193	0	0,87	0,95	0,30107	0,000711	17	4,03807E-11	OK	OK	6
																						1562

Konvensional Friction

LAMPIRAN E
PERHITUNGAN TIANG PANCANG
METODE *P-Z CURVE*

1. Tabel E.1 Contoh Perhitungan Iterasi dan Grup Tiang
Pancang Metode *P-Z Curve* Tipe *End Bearing* $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$
.....[67]
2. Tabel E.2 Contoh Perhitungan Iterasi dan Grup Tiang
Pancang Metode *P-Z Curve* Tipe *Friction* $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$
.....[69]

Tabel E.1 Contoh Perhitungan Iterasi dan Grup Tiang Pancang Metode *P-Z Curve Tipe End Bearing* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

Titik Perletakan	Joint Label	ITERASI 1														Toleransi 5%				ITERASI 2					Perkiraan Jumlah Tiang
		FZ (kN)	UZ (mm)	Settlement (cm)	Qizin (kN)	Spring n	P (kN)	Target δ (cm)	Iterasi	K #1 (kN/m)	n.K #1 (kN/m)	FZ (kN)	UZ (mm)	Settlement (cm)	Spring n	P (kN)	Target δ (cm)	AP iterasi 1 (kN)	Δδ iterasi 1 (cm)	Iterasi	K #2 (kN/m)	n.K #2 (kN/m)	Iterasi		
A1	133	1343,714	-6,199	0,6199	1137,9	2	671,8572	0,137	YES	490491,6	980983,2	1240,565	-1,265	0,1265	2	620,2826	0,119	51,575	0,008	YES	521799,8	1043600	NO	2	
A2	146	1546,54	-7,135	0,7135	1137,9	2	773,2701	0,183	YES	423009,3	846018,7	1527,043	-1,805	0,1805	2	763,5214	0,178	9,749	0,003	NO	429541	859082	NO	2	
A3	159	1615,187	-7,452	0,7452	1137,9	2	807,5933	0,202	YES	400346,3	800692,6	1598,387	-1,996	0,1996	2	799,1936	0,197	8,400	0,003	NO	405831,6	811663,1	NO	2	
A4	172	1750,523	-8,076	0,8076	1137,9	2	875,2614	0,244	YES	358296,2	716592,4	1744,251	-2,434	0,2434	2	872,1255	0,242	3,136	0,001	NO	360145,2	720290,4	NO	2	
A5	185	1849,662	-8,534	0,8534	1137,9	2	924,8309	0,280	YES	330579,5	661159	1847,915	-2,795	0,2795	2	923,9573	0,279	0,874	0,000	NO	331042,3	662084,7	NO	2	
A6	198	1904,453	-8,787	0,8787	1137,9	2	952,2263	0,301	YES	316551,4	633102,9	1902,214	-3,005	0,3005	2	951,1072	0,300	1,119	0,001	NO	317105,9	634211,7	NO	2	
A7	120	1879,475	-8,671	0,8671	1137,9	2	939,7374	0,291	YES	322829,1	645658,1	1869,6	-2,896	0,2896	2	934,8002	0,287	4,937	0,002	NO	325365,2	650730,4	NO	2	
A8	107	1904,453	-8,787	0,8787	1137,9	2	952,2263	0,301	YES	316551,4	633102,8	1902,214	-3,005	0,3005	2	951,1072	0,300	1,119	0,001	NO	317105,8	634211,7	NO	2	
A9	94	1849,662	-8,534	0,8534	1137,9	2	924,8308	0,280	YES	330579,5	661159,1	1847,914	-2,795	0,2795	2	923,9572	0,279	0,874	0,000	NO	331042,4	662084,7	NO	2	
A10	81	1750,521	-8,076	0,8076	1137,9	2	875,2605	0,244	YES	358296,7	716593,4	1744,249	-2,434	0,2434	2	872,1246	0,242	3,136	0,001	NO	360145,7	720291,5	NO	2	
A11	68	1615,179	-7,452	0,7452	1137,9	2	807,5893	0,202	YES	400348,9	800697,8	1598,373	-1,996	0,1996	2	799,1867	0,197	8,403	0,003	NO	405836,1	811672,2	NO	2	
A12	55	1546,537	-7,135	0,7135	1137,9	2	773,2684	0,183	YES	423010,5	846021	1527,046	-1,805	0,1805	2	763,5232	0,178	9,745	0,003	NO	429539,8	859079,5	NO	2	
A13	1	1343,722	-6,2	0,62	1137,9	2	671,8609	0,137	YES	490489,2	980978,5	1240,562	-1,265	0,1265	2	620,2809	0,119	51,580	0,008	YES	521800,8	1043602	NO	2	
B1	134	1528,481	-7,052	0,7052	1137,9	2	764,2404	0,178	YES	429058,3	858116,7	1506,751	-1,756	0,1756	2	753,3754	0,173	10,865	0,003	NO	436363,7	872727,5	NO	2	
B2	147	1765,015	-8,143	0,8143	1137,9	2	882,5075	0,249	YES	354065,4	708130,7	1808,295	-2,554	0,2554	2	904,1474	0,265	21,640	0,009	NO	341789,3	683578,6	NO	2	
B3	160	1790,26	-8,26	0,826	1137,9	2	895,13	0,258	YES	346838,2	693676,4	1809,292	-2,608	0,2608	2	904,6459	0,265	9,516	0,004	NO	341513	683026	NO	2	
B4	173	1930,606	-8,907	0,8907	1137,9	2	965,3029	0,311	YES	310191,3	620382,6	1949,996	-3,143	0,3143	2	974,9982	0,319	9,695	0,005	NO	305617,1	611234,2	NO	2	
B5	186	2073,773	-9,568	0,9568	1137,9	2	1036,887	0,371	YES	279249,4	558498,7	2094,582	-3,75	0,375	2	1047,291	0,380	10,404	0,005	NO	275291,9	550583,7	NO	2	
B6	199	2131,799	-9,835	0,9835	1137,9	2	1065,899	0,397	YES	268548	537095,9	2147,756	-3,999	0,3999	2	1073,878	0,404	7,979	0,004	NO	265786,2	531572,4	NO	2	
B7	121	2119,591	-9,779	0,9779	1137,9	2	1059,795	0,391	YES	270713,2	541426,4	2133,451	-3,94	0,394	2	1066,725	0,398	6,930	0,004	NO	268258,5	536517	NO	2	
B8	108	2131,799	-9,835	0,9835	1137,9	2	1065,899	0,397	YES	268548	537095,9	2147,756	-3,999	0,3999	2	1073,878	0,404	7,979	0,004	NO	265786,2	531572,4	NO	2	
B9	95	2073,773	-9,568	0,9568	1137,9	2	1036,887	0,371	YES	279249,3	558498,6	2094,583	-3,75	0,375	2	1047,291	0,380	10,405	0,005	NO	275291,8	550583,5	NO	2	
B10	82	1930,607	-8,907	0,8907	1137,9	2	965,3036	0,311	YES	310191	620382	1949,998	-3,143	0,3143	2	974,9988	0,319	9,695	0,005	NO	305616,8	611233,7	NO	2	
B11	69	1790,267	-8,26	0,826	1137,9	2	895,1334	0,258	YES	346836,3	693672,5	1809,303	-2,608	0,2608	2	904,6517	0,265	9,518	0,004	NO	341509,8	683019,6	NO	2	
B12	56	1765,017	-8,143	0,8143	1137,9	2	882,5087	0,249	YES	354064,7	708129,4	1808,291	-2,554	0,2554	2	904,1456	0,265	21,637	0,009	NO	341790,3	683580,6	NO	2	
B13	2	1528,479	-7,052	0,7052	1137,9	2	764,2393	0,178	YES	429059	858118,1	1506,754	-1,756	0,1756	2	753,3771	0,173	10,862	0,003	NO	436362,6	872725,1	NO	2	

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q _t Grup (kN)	ΣV/n (kN)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax*n (kN)	Q _t Grup (kN)	Kontrol	Jumlah Tiang (pcs)
A1	133	1252,5992	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	626,2996	626,2996	OK	626,2996	1252,599	2042,721	OK	2
A2	146	1531,8484	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	765,9242	765,9242	OK	765,9242	1531,848	2042,721	OK	2
A3	159	1606,0913	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	803,0457	803,0457	OK	803,0457	1606,091	2042,721	OK	2
A4	172	1749,697	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	874,8485	874,8485	OK	874,8485	1749,697	2042,721	OK	2
A5	185	1852,4615	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	926,2308	926,2308	OK	926,2308	1852,462	2042,721	OK	2
A6	198	1906,7094	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	953,3547	953,3547	OK	953,3547	1906,709	2042,721	OK	2
A7	120	1878,2682	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	939,1341	939,1341	OK	939,1341	1878,268	2042,721	OK	2
A8	107	1906,7095	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	953,3548	953,3548	OK	953,3548	1906,71	2042,721	OK	2
A9	94	1852,4613	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	926,2307	926,2307	OK	926,2307	1852,461	2042,721	OK	2
A10	81	1749,6945	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	874,8473	874,8473	OK	874,8473	1749,695	2042,721	OK	2
A11	68	1606,0794	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	803,0397	803,0397	OK	803,0397	1606,079	2042,721	OK	2
A12	55	1531,848	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	765,924	765,924	OK	765,924	1531,848	2042,721	OK	2
A13	1	1252,5983	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	626,2992	626,2992	OK	626,2992	1252,598	2042,721	OK	2
B1	134	1510,9845	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	755,4923	755,4923	OK	755,4923	1510,985	2042,721	OK	2
B2	147	1782,7269	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	891,3635	891,3635	OK	891,3635	1782,727	2042,721	OK	2
B3	160	1805,2848	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	902,6424	902,6424	OK	902,6424	1805,285	2042,721	OK	2
B4	173	1944,0678	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	972,0339	972,0339	OK	972,0339	1944,068	2042,721	OK	2
B5	186	2088,012	1137,9	2	NOT OK	3	1137,9	3	0,814453	2780,298	696,004	696,004	OK	696,004	2088,012	2780,298	OK	3
B6	199	2145,3628	1137,9	2	NOT OK	3	1137,9	3	0,814453	2780,298	715,1209	715,1209	OK	715,1209	2145,363	2780,298	OK	3
B7	121	2131,9396	1137,9	2	NOT OK	3	1137,9	3	0,814453	2780,298	710,6465	710,6465	OK	710,6465	2131,94	2780,298	OK	3
B8	108	2145,3629	1137,9	2	NOT OK	3	1137,9	3	0,814453	2780,298	715,121	715,121	OK	715,121	2145,363	2780,298	OK	3
B9	95	2088,0122	1137,9	2	NOT OK	3	1137,9	3	0,814453	2780,298	696,0041	696,0041	OK	696,0041	2088,012	2780,298	OK	3
B10	82	1944,0703	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	972,0352	972,0352	OK	972,0352	1944,07	2042,721	OK	2
B11	69	1805,293	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	902,6465	902,6465	OK	902,6465	1805,293	2042,721	OK	2
B12	56	1782,7288	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	891,3644	891,3644	OK	891,3644	1782,729	2042,721	OK	2
B13	2	1510,985	1137,9	2	OK	2	1137,9	2	0,897584	2042,721	755,4925	755,4925	OK	755,4925	1510,985	2042,721	OK	2

Tabel E.2 Contoh Perhitungan Iterasi dan Grup Tiang Pancang Metode *P-Z Curve Tipe Friction* dengan $Q_{izin} = 0,5 Q_{ult}$

Titik Perletakan	Joint Label	ITERASI 1										Toleransi 5%										ITERASI 2				Perkiraan Jumlah Tiang
		FZ (kN)	UZ (mm)	Settlement (cm)	Q _{izin} (kN)	Spring n	P (kN)	δ seketika (cm)	Target δ (cm)	Iterasi	K #1 (kN/m)	n.K #1 (kN/m)	FZ (kN)	UZ (mm)	δ yang terjadi (cm)	Spring n	P (kN)	δ Seketika (cm)	Target δ (cm)	AP iterasi 1 (kN)	Δδ iterasi 1 (cm)	Iterasi	K #2 (kN/m)	n.K #2 (kN/m)	Iterasi	
A1	133	1438,45	-12,021	1,2021	465,95	4	359,6124	0,085	3,411	YES	10544,15	42176,6	1355,041	-32,127	3,2127	3	451,6803	0,116	3,442	92,068	0,229	YES	13123,02	39369,07	NO	3
A2	146	1593,137	-13,313	1,3313	465,95	4	398,2843	0,097	3,422	YES	11637,25	46549,01	1541,029	-33,106	3,3106	4	385,2572	0,093	3,418	13,027	0,108	NO	11270,47	45081,86	NO	4
A3	159	1653,071	-13,814	1,3814	465,95	4	413,2677	0,102	3,428	YES	12057,16	48228,64	1610,963	-33,402	3,3402	4	402,7406	0,099	3,424	10,527	0,084	NO	11762,37	47049,47	NO	4
A4	172	1773,931	-14,824	1,4824	465,95	4	443,4827	0,113	3,439	YES	12896,93	51587,72	1750,156	-33,926	3,3926	4	437,5389	0,111	3,436	5,944	0,044	NO	12732,52	50930,07	NO	4
A5	185	1861,228	-15,554	1,5554	465,95	4	465,3069	0,122	3,447	YES	13497,06	53988,25	1851,357	-34,292	3,4292	4	462,8393	0,121	3,446	2,468	0,017	NO	13429,53	53717,99	NO	4
A6	198	1913,191	-15,988	1,5988	465,95	5	382,6382	0,092	3,417	YES	11196,54	55982,72	1926,647	-34,415	3,4415	5	385,3295	0,093	3,418	2,691	0,023	NO	11272,51	56362,53	NO	5
A7	120	1901,923	-15,894	1,5894	465,95	5	380,3846	0,091	3,417	YES	11132,89	55664,44	1906,363	-34,248	3,4248	5	381,2726	0,092	3,417	0,888	0,008	NO	11157,97	55789,87	NO	5
A8	107	1913,191	-15,988	1,5988	465,95	5	382,6382	0,092	3,417	YES	11196,54	55982,72	1926,648	-34,415	3,4415	5	385,3296	0,093	3,418	2,691	0,023	NO	11272,51	56362,55	NO	5
A9	94	1861,227	-15,554	1,5554	465,95	4	465,3069	0,122	3,447	YES	13497,06	53988,25	1851,359	-34,292	3,4292	4	462,8397	0,121	3,446	2,467	0,017	NO	13429,51	53718,04	NO	4
A10	81	1773,929	-14,824	1,4824	465,95	4	443,4823	0,113	3,439	YES	12896,92	51587,68	1750,158	-33,926	3,3926	4	437,5394	0,111	3,436	5,943	0,044	NO	12732,53	50930,13	NO	4
A11	68	1653,065	-13,814	1,3814	465,95	4	413,2662	0,102	3,428	YES	12057,12	48228,47	1610,932	-33,402	3,3402	4	402,7331	0,099	3,424	10,533	0,084	NO	11762,16	47048,62	NO	4
A12	55	1593,133	-13,313	1,3313	465,95	4	398,2832	0,097	3,422	YES	11637,22	46548,89	1541,031	-33,106	3,3106	4	385,2577	0,093	3,418	13,026	0,108	NO	11270,48	45081,92	NO	4
A13	1	1438,46	-12,021	1,2021	465,95	4	359,6151	0,085	3,411	YES	10544,23	42176,9	1355,045	-32,128	3,2128	3	451,6816	0,116	3,442	92,066	0,229	YES	13123,06	39369,17	NO	3
B1	134	1577,228	-13,18	1,318	465,95	4	394,307	0,096	3,421	YES	11525,43	46101,73	1522,577	-33,026	3,3026	4	380,6443	0,091	3,417	13,663	0,114	NO	11140,22	44560,89	NO	4
B2	147	1749,424	-14,619	1,4619	465,95	4	437,3561	0,111	3,436	YES	12727,45	50909,82	1739,216	-34,163	3,4163	4	434,8041	0,110	3,435	2,552	0,019	NO	12656,74	50626,95	NO	4
B3	160	1781,747	-14,89	1,489	465,95	4	445,4367	0,114	3,439	YES	12950,89	51803,57	1774,036	-34,245	3,4245	4	443,5091	0,113	3,439	1,928	0,014	NO	12897,66	51590,64	NO	4
B4	173	1901,962	-15,894	1,5894	465,95	5	380,3923	0,091	3,417	YES	11133,1	55665,52	1934,579	-34,753	3,4753	5	386,9158	0,093	3,419	6,524	0,056	NO	11317,25	56586,25	NO	5
B5	186	2011,649	-16,811	1,6811	465,95	5	402,3299	0,098	3,424	YES	11750,84	58754,22	2076,449	-35,341	3,5341	5	415,2898	0,103	3,428	12,960	0,106	NO	12113,66	60568,31	NO	5
B6	199	2062,612	-17,237	1,7237	465,95	5	412,5223	0,102	3,427	YES	12036,32	60181,62	2138,927	-35,541	3,5541	5	427,7854	0,107	3,433	15,263	0,121	NO	12461,88	62309,38	NO	5
B7	121	2059,633	-17,212	1,7212	465,95	5	411,9266	0,102	3,427	YES	12019,67	60098,33	2130,591	-35,452	3,5452	5	426,1182	0,107	3,432	14,192	0,113	NO	12415,51	62077,55	NO	5
B8	108	2062,612	-17,237	1,7237	465,95	5	412,5223	0,102	3,427	YES	12036,32	60181,62	2138,928	-35,541	3,5541	5	427,7856	0,107	3,433	15,263	0,121	NO	12461,88	62309,4	NO	5
B9	95	2011,649	-16,811	1,6811	465,95	5	402,3299	0,098	3,424	YES	11750,84	58754,22	2076,451	-35,341	3,5341	5	415,2902	0,103	3,428	12,960	0,106	NO	12113,67	60568,37	NO	5
B10	82	1901,962	-15,894	1,5894	465,95	5	380,3925	0,091	3,417	YES	11133,11	55665,54	1934,582	-34,753	3,4753	5	386,9164	0,093	3,419	6,524	0,056	NO	11317,27	56586,34	NO	5
B11	69	1781,751	-14,89	1,489	465,95	4	445,4378	0,114	3,439	YES	12950,92	51803,7	1774,041	-34,245	3,4245	4	443,5103	0,113	3,439	1,927	0,014	NO	12897,69	51590,78	NO	4
B12	56	1749,427	-14,619	1,4619	465,95	4	437,3568	0,111	3,436	YES	12727,47	50909,9	1739,219	-34,163	3,4163	4	434,8049	0,110	3,435	2,552	0,019	NO	12656,76	50627,03	NO	4
B13	2	1577,226	-13,18	1,318	465,95	4	394,3066	0,096	3,421	YES	11525,42	46101,69	1522,576	-33,026	3,3026	4	380,6441	0,091	3,417	13,662	0,114	NO	11140,22	44560,87	NO	4

Titik Perletakan	Joint Label	P (kN)	Qizin (kN)	Perkiraan Jumlah Tiang	Kontrol	Revisi Jumlah Tiang	Q 1 tiang (kN)	Ntiang (pcs)	Ce	Q1 Grup (kN)	ΣV/n (kN)	Pmax (kN)	Kontrol	Pmax (kN)	Pmax*n (kN)	Q1 Grup (kN)	Kontrol	Jumlah Tiang (pcs)
A1	133	1291,8548	465,95	3	NOT OK		4	465,95	4	0,795167	1482,033	322,9637	OK	322,9637	1291,855	1482,033	OK	4
A2	146	1512,5537	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	302,5107	OK	302,5107	1512,554	1773,006	OK	5
A3	159	1586,7446	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	317,3489	OK	317,3489	1586,745	1773,006	OK	5
A4	172	1731,0533	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	346,2107	OK	346,2107	1731,053	1773,006	OK	5
A5	185	1835,4528	465,95	4	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	305,9088	OK	305,9088	1835,453	2127,607	OK	6
A6	198	1923,761	465,95	5	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	320,6268	OK	320,6268	1923,761	2127,607	OK	6
A7	120	1893,6225	465,95	5	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	315,6038	OK	315,6038	1893,623	2127,607	OK	6
A8	107	1923,7611	465,95	5	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	320,6269	OK	320,6269	1923,761	2127,607	OK	6
A9	94	1835,4526	465,95	4	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	305,9088	OK	305,9088	1835,453	2127,607	OK	6
A10	81	1731,0522	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	346,2104	OK	346,2104	1731,052	1773,006	OK	5
A11	68	1586,7411	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	317,3482	OK	317,3482	1586,741	1773,006	OK	5
A12	55	1512,5517	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	302,5103	OK	302,5103	1512,552	1773,006	OK	5
A13	1	1291,8535	465,95	3	NOT OK		4	465,95	4	0,795167	1482,033	322,9634	OK	322,9634	1291,854	1482,033	OK	4
B1	134	1493,071	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	298,6142	OK	298,6142	1493,071	1773,006	OK	5
B2	147	1743,183	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	348,6366	OK	348,6366	1743,183	1773,006	OK	5
B3	160	1774,9843	465,95	4	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	295,8307	OK	295,8307	1774,984	2127,607	OK	6
B4	173	1959,5618	465,95	5	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	326,5936	OK	326,5936	1959,562	2127,607	OK	6
B5	186	2122,0826	465,95	5	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	353,6804	OK	353,6804	2122,083	2127,607	OK	6
B6	199	2188,3196	465,95	5	NOT OK		7	465,95	7	0,72689	2370,86	312,6171	OK	312,6171	2188,32	2370,86	OK	7
B7	121	2173,1687	465,95	5	NOT OK		7	465,95	7	0,72689	2370,86	310,4527	OK	310,4527	2173,169	2370,86	OK	7
B8	108	2188,3198	465,95	5	NOT OK		7	465,95	7	0,72689	2370,86	312,6171	OK	312,6171	2188,32	2370,86	OK	7
B9	95	2122,0829	465,95	5	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	353,6805	OK	353,6805	2122,083	2127,607	OK	6
B10	82	1959,5622	465,95	5	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	326,5937	OK	326,5937	1959,562	2127,607	OK	6
B11	69	1774,9851	465,95	4	NOT OK		6	465,95	6	0,761028	2127,607	295,8309	OK	295,8309	1774,985	2127,607	OK	6
B12	56	1743,1809	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	348,6362	OK	348,6362	1743,181	1773,006	OK	5
B13	2	1493,0672	465,95	4	NOT OK		5	465,95	5	0,761028	1773,006	298,6134	OK	298,6134	1493,067	1773,006	OK	5



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp : 031-5946094, Fax : 031-5947284
http://ce.its.ac.id, email: ce@its.ac.id

SURAT PERJANJIAN MULAI MENGERJAKAN TUGAS AKHIR (SP-MMTA)

Nomor : 023760 /IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2018

Berdasarkan hasil ujian seminar Proposal Tugas Akhir periode Januari 2018 Semester Gasal 2017/2018, dan setelah menyerahkan perbaikan Proposal Tugas Akhirnya, maka mahasiswa yang tercantum di bawah ini :

N a m a	: Riky Dwi Prasetyo
N R P	: 03111440000094
Judul Tugas Akhir	: <i>Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional dan Metode P-Z Curve pada Modifikasi Gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya</i>
Pembimbing Tugas Akhir	: <i>Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD.</i> <i>Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT</i>
Tgl. Ujian Proposal TA	: 24 Januari 2018
Tgl. Penyerahan Revisi Proposal TA	: 08 Februari 2018
Nilai	: 83.75

dinyatakan dapat memulai mengerjakan Tugas Akhirnya di bawah bimbingan Dosen yang telah ditetapkan.

Proses pembimbingan berlaku maksimal selama satu semester, terhitung mulai tanggal **19 Februari 2018** sampai dengan tanggal **20 Agustus 2018** (buku Tugas Akhir sudah masuk).

Apabila Tugas Akhir tersebut tidak dapat diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan, maka :

- Bila kemajuan penyusunan Tugas Akhir telah mencapai $\geq 75\%$ akan diberikan perpanjangan waktu satu semester.
- Bila kemajuan penyusunan Tugas Akhir telah mencapai $< 75\%$, diharuskan membuat Proposal Tugas Akhir dengan judul yang baru dan dipresentasikan di depan Team Dosen Penguji.

Demikian Surat Perjanjian ini dibuat untuk dipergunakan sebagai syarat proses pengerjaan Tugas Akhir.

Menyetujui :
Mahasiswa,

Riky Dwi Prasetyo
NRP 03111440000094

Surabaya, 29 MAR 2018

Mengesahkan :
Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil,



Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. M.Sc
NIP 197212021998021001

Menyetujui :
Dosen Pembimbing I

Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD.
NIP 195304081976031002

Menyetujui :
Dosen Pembimbing II

Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT
NIP 197701222005012002

tembusan :

- Dosen Pembimbing



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Riky Dwi Prasetyo
NRP	: 03111440000094
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional dan Metode P-Z Curve pada Modifikasi Gedung Apartemen Purnak MERR Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 023760/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	16/4 2018	~ Mendapatkan output Allpile ~ Kurva load-settlement	~ Meninjau input Allpile ~ Mencari nilai realisi perhitungan untuk perhitungan pegas	<i>Slm</i>
2	14/5 2018	~ Mendapatkan nilai penurunan dari kurva load-settlement ~ Mendapatkan nilai realisi perhitungan pegas	~ Perhitungan konstanta pegas untuk iterasi pembebanan agar penurunan merata	<i>Slm</i>
3	18/5 2018	~ Cek kurva load-settlement	~ Iterasi metode P-Z curve	<i>Slm</i>
4	25/5 2018	~ Mendapatkan konstanta pegas baru untuk iterasi	~ Melanjutkan iterasi metode P-Z curve ~ Menghitung nilai penurunan long-term (creep)	<i>Slm</i>
5	4/6 2018	~ Mendapatkan jumlah kebutuhan tiang pancang untuk spring	~ Kontrol momen, defleksi, dan retak pada babok	<i>Slm</i>
6	2/6 2018	~ Laporan Tugas Akhir		



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
NAMA MAHASISWA	: Riky Dwi Prasetyo
NRP	: 03111440000094
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode konvensional dan Metode P-Z Curve pada Modifikasi Gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 023760 / IT2.VI.4.1/ PP.05.02.00/2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	30/3 2018	~ Memilih data tanah yang digunakan untuk perencanaan dengan membandingkan N-SPT	~ Korelasi parameter tanah untuk data parameter yang tidak diketahui.	MA
2.	4/4 2018	~ Korelasi parameter tanah ~ Stratigrafi ~ Penentuan layer untuk parameter tanah	~ Menyelesaikan analisis struktur menggunakan ETABS ~ Mendapatkan nilai reaksi pembebanan	MA
3.	11/4 2018	~ Menyelesaikan analisis struktur dan mendapat nilai reaksi pembebanan untuk perletakan jepit	~ Menghitung daya dukung tanah untuk tiang pancang diameter 60 cm ~ Input Allpile	MA
4.	17/4 2018	~ Mendapatkan nilai daya dukung tanah untuk tiang pancang diameter 60 cm ~ Grafik kurva load-settlement	~ Menghitung reaksi perletakan pegas dengan menggunakan nilai konstanta pegas ~ Menghitung jumlah kebutuhan tiang pancang untuk perletakan jepit (metode konvensional)	MA



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
NAMA MAHASISWA	: Riky Dwi Prasetyo
NRP	: 0311440000094
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional dan Metode P-Z Curve pada Modifikasi Gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Januari 2018
NO. SP-MMTA	: 023760 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5	19/4 2018	<ul style="list-style-type: none"> ~ Mendapatkan nilai reaksi perletakan pegas ~ Mendapatkan jumlah kebutuhan tiang perletakan jepit 	<ul style="list-style-type: none"> ~ Perhitungan tiang pancang grup dan kontrol tiang pancang grup 	MA
6	26/4 2018	<ul style="list-style-type: none"> ~ Perhitungan tiang pancang grup dan kontrolnya (metode konvensional) 	<ul style="list-style-type: none"> ~ Iterasi untuk metode P-Z curve ~ Analisis harga 	MA
7	30/5 2018	<ul style="list-style-type: none"> ~ Membuat perhitungan HSPK dan RAB ~ Iterasi metode P-Z curve 	<ul style="list-style-type: none"> ~ Melanjutkan iterasi metode P-Z curve untuk mendapatkan jumlah kebutuhan tiang pancang perletakan pegas 	MA
8	6/6 2018	<ul style="list-style-type: none"> ~ Iterasi metode P-Z curve ~ Perhitungan creep 	<ul style="list-style-type: none"> ~ Melanjutkan iterasi ~ Cek konfigurasi tiang terhadap dimensi pilecap 	MA

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA (S1)
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini Selasa tanggal 3 Juli 2018 jam 09.00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111440000094	Riky Dwi Prasetyo	Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional Dan Metode P-Z Curve Pada Modifikasi Gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya

Dengan Hasil :

<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :



- Perbaikan dgn mengganti nilai awal konstanta pegasi dgn ambil dari P-Z yg paling besar.

- Revisi konversi inc \rightarrow cm dan sebaliknya.

- Tambah kontrol balok kolom pd momen yg max

- Revisi harga pemancangan

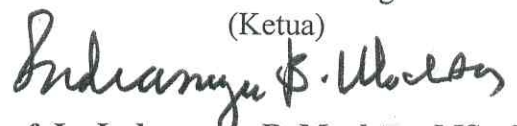
- Kombinasi beban tambahkan u/ yg perhit.pondasi

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Trihanyndio Rendy Satria, ST. MT	
Musta'in Arif, ST. MT	

Surabaya, 3 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

(Ketua)



Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD

Dosen Pembimbing 2

(Sekretaris)



Dr. Yudhi Lastriasih, ST. MT

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama Riky Dwi Prasetyo ini dilahirkan di Ponorogo pada tanggal 18 November 1995. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah Ponorogo, SMP Negeri 1 Ponorogo, dan SMA Negeri 1 Ponorogo. Setelah lulus SMA tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan NRP 3114100094 (NRP lama) lalu berubah menjadi 03111440000094 (NRP baru).

Selama masa perkuliahan di Teknik Sipil ITS, penulis aktif di berbagai kegiatan akademik dan non akademik. Pada bidang akademik penulis pernah menjadi pendamping keilmiah untuk mahasiswa tingkat pertama FTSP (sekarang FTSLK). Di bidang non akademik penulis aktif pada organisasi dan kepanitiaan antara lain sebagai Kabirol Akademik Departemen Kesejahteraan Mahasiswa di Himpunan Mahasiswa Sipil ITS, Kepala Departemen Jaringan dan Internal di Lembaga Dakwah Jurusan Al Hadiid, panitia lomba Civil Expo ITS 2016 dan 2017. Selain itu penulis juga aktif di organisasi forum daerah yaitu KMPPS (Keluarga Mahasiswa Pelajar Ponorogo di Surabaya) dan menampilkan pagelaran seni Reyog Ponorogo pada ITS Expo 2016.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dan berdiskusi dengan penulis, dapat melalui email: rikydprasetyo@gmail.com.